



Máster Internacional en
GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE
(7ª edición: 2017-2019)

TESIS


presentada y públicamente defendida
para la obtención del título de

MASTER OF SCIENCE

Estudio de la pesquería de pulpo común
(Octopus vulgaris) en la Comunidad
Valenciana.

Propuesta para mejorar su gestión

ESTHER ARCAS SEN
Julio 2019

 Universitat d'Alacant Universidad de Alicante	 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN	 CIHEAM Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza
<p style="text-align: center;">MASTER EN GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE (7ª edición: 2017-2019)</p>		

**ESTUDIO DE LA PESQUERÍA DE PULPO COMÚN (*Octopus vulgaris*) EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.
PROPUESTAS PARA MEJORAR SU GESTIÓN.**

ESTHER ARCAS SEN

**TESIS PRESENTADA Y PUBLICAMENTE
DEFENDIDA PARA LA OBTENCION
DEL TITULO DE
MASTER OF SCIENCE EN
GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE**

Alicante
a 09 de Julio de 2019

**ESTUDIO DE LA PESQUERÍA DE PULPO COMÚN (*Octopus vulgaris*) EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.
PROPUESTAS PARA MEJORAR SU GESTIÓN.**

ESTHER ARCAS SEN

Trabajo realizado en la Universidad de Alicante, bajo la dirección de D. Jose Luís Sánchez Lizaso; y en el Centro Oceanográfico de Murcia del Instituto Español de Oceanografía, bajo la dirección de D. Antonio Esteban Acón.

Presentado como requisito parcial para la obtención del Diploma Master of Science en Gestión Pesquera Sostenible otorgado por la Universidad de Alicante a través de Facultad de Ciencias y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

Esta Tesis fue defendida el día 17 de Julio de 2019 ante un Tribunal Formado por

- Aitor Santiago Forcada Almarcha, Presidente
- Bernardo Basurco de Lara, Secretario
- Rogelio Llanes Ribas, Vocal 1

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a mis tutores, José Luís Sánchez Lizaso y Antonio Esteban Acón, por su infinita paciencia, sus esfuerzos, su gran apoyo, ayuda, motivación y disponibilidad y por enseñarme cada día a seguir adelante.

Además, quiero agradecer a José Luís Sánchez Lizaso en calidad de director del Máster en Gestión Pesquera Sostenible, por su gran esfuerzo a la hora de organizar el máster y su comprensión y motivación durante estos años.

A Aitor Forcada Almarcha, de la Universidad de Alicante, por su gran ayuda y consejo en cuanto a análisis estadísticos, además de su gran labor como coordinador del máster.

También quiero agradecer a Bernardo Basurco, Coordinador del máster y a Javier Delgado, del Instituto Español de Oceanografía de Murcia, por la ayuda proporcionada con los datos de los índices de la campaña.

A Elena Barcala, por sus clases magistrales para diferenciar los sexos y las madureces de los pulpos en la campaña MEDITS.

También quiero dar las gracias a la Dirección General de Agricultura Ganadería y Pesca de la Generalitat Valenciana por la ayuda facilitada para el desarrollo de este trabajo y en particular por proporcionar los datos de primera venta y el borrador del nuevo decreto que se estaba tramitando.

A mis amigas por motivarme y aguantar mis aburridos “queaseres”, aun cuando se me han olvidado hasta vuestros cumpleaños (lo siento!). A mi vikinga porque entre pulpos y cangrejos hacemos leyendas. Y a mi churri por animarme a seguir adelante y creer en mí de forma incondicional aguantando mi mala leche.

Y finalmente y con especial cariño, dar infinitas gracias a Antonio, mi padre y a mis hermanos Samuel y Adrián, por darme a conocer el mar como nadie podría haberlo hecho, porque gracias a vosotros he encontrado mi vocación. Y a mi madre, Merche, por apoyarme en todo momento y porque sin sus bocadillos no hubiera sobrevivido. Porque sin vosotros jamás hubiera conseguido llegar donde estoy.

Resumen

El pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) es un cefálopodo de gran importancia comercial. Es un recurso difícil de gestionar debido a su corta vida, estrategia de vida semélpara, rápido crecimiento, alta mortalidad natural y sensibilidad a las condiciones ambientales sobre todo en las etapas más tempranas de su vida. Estos rasgos biológicos resultan en fluctuaciones estacionales en la abundancia y, en consecuencia, en las capturas. En este trabajo se ha estudiado la evolución de las capturas, esfuerzo y CPUE de la pesquería de pulpo en la Comunidad Valenciana. Se estimaron los principales parámetros biológicos y su ciclo reproductivo, se analizó la gestión de la pesquería y se propusieron medidas para mejorarla. Desde 2009 a 2018 se han analizado datos de capturas y esfuerzo anuales, así como de capturas mensuales para la flota arrastrera y de cadufos. También se han analizado datos de las campañas MEDITS desde 2012 a 2018. Se han muestreado 1303 individuos procedentes de capturas de pesca con cadufos desde enero hasta mayo de 2019 proporcionando los parámetros biológicos de la especie. Se ha encontrado una disminución en las capturas, esfuerzo y CPUE en ambas flotas desde el 2011. Se ha observado una estacionalidad con máximas capturas en Alicante y Valencia en primavera-verano, y en Castellón en otoño. La proporción de sexos (hembras:machos) anual fue 1:1, y las mensuales 1:1.9 (enero), 1:1.9 (febrero), 1:1.2 (marzo), 1:0.9 (abril) y 1:0.8 (mayo). El peso de los individuos fue mayor en machos, en poca profundidad y en invierno. Los individuos maduros alcanzaron un pico en mayo. La talla y peso de primera madurez en hembras fue 123.1 mm y 1500 g respectivamente. Las principales preocupaciones de los pescadores de pulpo con cadufos son los horarios, vedas, número de cadufos permitidos, simultaneidad e interacción con arrastre. Finalmente sería necesario mejorar la regulación existente.

Palabras clave: *Octopus vulgaris*, pulpo común, cadufos, arrastre, capturas, gestión pesquera, biología reproductiva, Comunidad Valenciana, España

Abstract

The common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) is a high value cephalopod resource. It's a difficult resource to manage due to their short life, semelparous life strategy, rapid growth, high natural mortality and sensitivity to environmental conditions especially in the earliest stages of their life. These biological traits result in seasonal fluctuations in abundance and subsequent landings. In this work we have studied the evolution of catches, effort and CPUE of the octopus fishery in the Valencian Community (Spain). The main biological parameters and their reproductive cycle were estimated, fishery management was analyzed and measures were proposed to improve it. Annual catch and effort data and monthly catches have been analyzed for the trawl and pots fleet from 2009 to 2018. We have also analyzed data from the MEDITS campaigns from 2012 to 2018. 1303 individuals from fishing landings with pots have been sampled since January until May 2019 providing the biological parameters of the species. A decrease in catches, effort and CPUE has been found in both fleets since 2011. Seasonality has been observed with maximum catches in Alicante and Valencia in spring-summer, and in Castellón in autumn. The annual sex ratio (females: males) was 1: 1, and the monthly 1: 1.9 (January), 1: 1.9 (February), 1: 1.2 (March), 1: 0.9 (April) and 1: 0.8 (May). The weight of the individuals was higher in males, in shallow waters and in winter. Mature individuals reached a peak in May. The size and weight of first maturity in females was 123.1 mm and 1500 g respectively. The main concerns of the octopus fishermen with pots are the schedules, closures, number of allowed pots, simultaneity and interaction with trawl. Finally, it would be necessary to improve the existing regulation.

Key words: *Octopus vulgaris*, common octopus, pots, trawl, catches, fisheries management, reproductive biology, Comunidad Valenciana, Spain

Índice

Resumen.....	VII
Abstract.....	IX
Índice.....	XI
Lista de Abreviaturas.....	XIII
Lista de Tablas.....	XIV
Lista de Figuras.....	XV
1. Introducción.....	1
1.1. Descripción del recurso explotado.....	1
1.2. Descripción de las flotas implicadas y artes de pesca empleados.....	6
1.2.1. Cadufos.....	6
1.2.2. Arrastre.....	7
1.2.3. Redes de enmalle y enredo.....	8
1.2.3.1. Trasmallo.....	9
1.2.3.2. Enmalle.....	10
1.3. Justificación y objetivos.....	11
2. Material y métodos.....	13
2.1. Área de estudio.....	13
2.2. Metodología.....	15
2.2.1. Análisis de datos pesqueros.....	15
2.2.2. Muestreo y análisis para determinar parámetros biológicos.....	17
2.2.3. Análisis de la gestión de la pesquería.....	20
2.2.4. Propuestas para mejorar la gestión de la pesquería.....	21
3. Resultados.....	23
3.1. Evolución de la pesca de pulpo.....	23
3.1.1. Capturas globales.....	23
3.1.1.1. Capturas anuales en la C.V.....	24
3.1.1.2. Capturas mensuales.....	27
3.1.2. Esfuerzo.....	30
3.1.3. CPUE.....	33
3.1.4. Valor económico.....	35
3.2. Índice de biomasa de la campaña MEDITS.....	37
3.3. Parámetros biológicos del pulpo.....	37
3.3.1. Proporción de sexos.....	37
3.3.2. Peso de los individuos.....	38
3.3.3. Frecuencia de estados de madurez.....	40
3.3.4. CPUE.....	42
3.3.5. L50 y P50.....	42
3.4. Análisis de la gestión de la pesquería.....	45
3.4.1. Evolución de la normativa en la Comunidad Valenciana.....	45
3.4.2. Opinión de los pescadores.....	47

3.4.3.	Variantes de la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana	50
4.	Discusión.....	53
4.1.	La pesquería de pulpo en la CV y su relación con la biología de la especie.....	53
4.2.	Análisis crítico de la regulación de la pesquería de pulpo en la Comunidad Valenciana	58
4.3.	Recomendaciones de cara a la gestión	64
5.	Conclusiones	67
6.	Bibliografía	69

Lista de Abreviaturas

- €: euros
- AIS: Automatic Identification System
- ANOVA: Analysis Of Variance
- C.M.: Cuadrados Medios
- cm: centímetros
- CPUE: Captura Por Unidad de Esfuerzo
- CV: Comunidad Valenciana
- F: F-versus
- FAO: Food and Agriculture Organization
- g.l.: grados de libertad
- g: gramos
- GLM: Generalized Linear Models
- kg: kilogramos
- km: kilómetros
- L50: Talla de primera madurez
- LDM: Longitud Dorsal del Manto
- m: metros
- MEDITS: Mediterranean Trawl Survey
- mm: milímetros
- NW: North Western
- °C: grados centígrados
- P: p-valor
- P50: Peso de primera madurez
- PMRN: Probabilistic Maturation Reaction Norm
- PSU: Practical Salinity Unit
- TAC: Total Admissible Catch
- Tm: tonelada
- TukeyHSD: Compute Tukey Honest Significant Differences
- VMS: Vessel Monitoring System

Lista de Tablas

TABLA 1: NÚMERO DE BARCOS ARRASTREROS Y ARTESANALES EN LOS DISTINTOS PUERTOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA EN EL AÑO 2017. FUENTE: MAPAMA CENSO FLOTA OPERATIVA PESQUERA. EL NÚMERO TOTAL DE BARCOS ES LA SUMA DE ARTESANALES Y ARRASTREROS, QUE SON LOS QUE AFECTAN A LA PESCA DE PULPO, EL RESTO DE EMBARCACIONES NO SE HAN CUANTIFICADO.	14
TABLA 2: EJEMPLO DE TABLAS FINALES OBTENIDAS EN EXCEL TRAS EL CRUCE DE TABLAS DE LAS BASES DE DATOS EN ACCESS.	16
TABLA 3: RESUMEN DE LAS TENAS MUESTREADAS DURANTE EL PERÍODO DE ESTUDIO.	18
TABLA 4. COMPARACIÓN ENTRE EL ESFUERZO DE PESCA DE LA EMBARCACIÓN Y EL ESFUERZO DE MUESTREO.	19
TABLA 5: RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA) CON 3 FACTORES (E:ESTACIÓN, P:PROFUNDIDAD, S:SEXO), PARA LA VARIABLE PESO DE PULPOS CAPTURADOS CON CADUFOS	39
TABLA 6: RELACIÓN DEL NÚMERO DE INDIVIDUOS CAPTURADOS EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ SEGÚN MESES.....	41
TABLA 7: RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA) CON 1 FACTOR (M:MES), PARA LA VARIABLE CPUE.....	42
TABLA 8: RESUMEN DE LA EVOLUCIÓN DE LAS NORMATIVAS PARA LA PESCA DE PULPO CON CADUFOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA, A EXCEPCIÓN DE LAS ÉPOCAS DE VEDA.	46
TABLA 9: RESUMEN DE LAS REUNIONES REALIZADAS.	48

Lista de Figuras

FIGURA 1: ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE <i>OCTOPUS VULGARIS</i> . TOMADO DE FAO.	1
FIGURA 2: PROCESO DE APAREAMIENTO DE <i>OCTOPUS VULGARIS</i> (MODIFICADO DE HANLON Y MESSENGER, 1996).	2
FIGURA 3: ESQUEMA DE LA MODALIDAD DE PESCA ARTESANAL DEL PULPO CON CADUFOS.	7
FIGURA 4: ESQUEMA DEL ARTE DE ARRASTRE (TOMADO DE COCHRANE, 2005).	8
FIGURA 5: ESQUEMA DEL ARTE TRASMALLO (TOMADO DE COCHRANE, 2005).	9
FIGURA 6: ESQUEMA DEL ARTE DE ENMALLE (TOMADO DE COCHRANE, 2005).	10
FIGURA 7: MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL) MOSTRANDO LAS POSICIONES DE LOS PUERTOS SELECCIONADOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.	13
FIGURA 8: EJEMPLO DE CÓMO IDENTIFICAR BARCOS QUE PESCAN PULPO CON CADUFOS, REPRESENTANDO LA CAPTURA TOTAL DIARIA FRENTE A LA CAPTURA DE PULPO DIARIA DE UNA EMBARCACIÓN.	16
FIGURA 9: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA CALCULAR EL ÍNDICE DE BIOMASA (CPUA) DE LA CAMPAÑA MEDITS.	17
FIGURA 10: MAPA CON LAS TENAS MUESTREADAS EN VILLAJOSYOSA (ALICANTE), COLOREADAS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD.	18
FIGURA 11: CAPTURAS (EN TONELADAS) MUNDIALES, EUROPEAS Y ESPAÑOLAS DE <i>O. VULGARIS</i> (FUENTE: FAO).	23
FIGURA 12: CAPTURAS (EN TONELADAS) DE OCTOPODIDAE EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL (FUENTE: FAO).	24
FIGURA 13: CAPTURAS ANUALES DE <i>O. VULGARIS</i> CON CADUFOS Y ARRASTRE EN (A) LA COMUNIDAD VALENCIANA Y SUS DISTINTAS PROVINCIAS (B, C Y D) DURANTE LOS AÑOS 2009-2018.	26
FIGURA 14: CAPTURAS MENSUALES ACUMULADAS DE <i>O. VULGARIS</i> CON CADUFOS Y ARRASTRE EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (A) Y SUS DISTINTAS PROVINCIAS (B, C Y D) DURANTE LOS AÑOS 2011-2018.	28
FIGURA 15: CAPTURAS MENSUALES ACUMULADAS DE <i>O. VULGARIS</i> CON CADUFOS EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN DURANTE A) EL PERIODO 2009-2013 Y B) 2014-2018. LAS LÍNEAS DISCONTINUAS MARCAN LAS ÉPOCAS DE VEDA EN CADA PERIODO.	29
.....	31

FIGURA 16: ESFUERZO PESQUERO, EN NÚMERO DE BARCOS, SOBRE <i>O. VULGARIS</i> CON CADUFOS Y ARRASTRE EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (A) Y SUS DISTINTAS PROVINCIAS (B, C Y D) DURANTE LOS AÑOS 2009-2018.....	31
FIGURA 17: ESFUERZO PESQUERO, EN DÍAS DE PESCA, SOBRE <i>O. VULGARIS</i> CON CADUFOS Y ARRASTRE EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (A) Y SUS DISTINTAS PROVINCIAS (B, C Y D) DURANTE LOS AÑOS 2009-2018.....	32
FIGURA 18: CPUE (KG/DÍAS*ESLORA) DE <i>O. VULGARIS</i> CON CADUFOS Y ARRASTRE EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (A) Y SUS DISTINTAS PROVINCIAS (B, C Y D) DURANTE LOS AÑOS 2009-2018	34
FIGURA 19: PRECIO POR KG ANUAL (A) Y MENSUAL (B) EN LA COMUNIDAD VALENCIANA SEGÚN LAS DISTINTAS MODALIDADES DE PESCA	35
FIGURA 20: COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE BIOMASA DE PULPO DE LA MEDITS (CUADRADOS) CON LA CPUE DE CADUFOS (CÍRCULOS) Y ARRASTRE (TRIÁNGULOS).	37
FIGURA 21: PROPORCIÓN DE SEXOS EN LAS CAPTURAS DE PULPO PESCADO CON CADUFOS A LO LARGO DE LOS DISTINTOS MESES DEL PERÍODO DE ESTUDIO.	38
FIGURA 22: RESUMEN DE LAS CAPTURAS MUESTREADAS DE PULPO CON CADUFOS, EN KG, POR MES Y SEXO.	38
FIGURA 23: PESO EN GRAMOS DE LOS INDIVIDUOS DE PULPO CAPTURADOS CON CADUFOS EN FUNCIÓN DE LAS ESTACIONES DEL AÑO, LAS DISTINTAS PROFUNDIDADES Y EL SEXO.....	40
FIGURA 24: EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA FRECUENCIA DE ESTADOS DE MADUREZ EN PULPO CAPTURADOS CON CADUFOS A) HEMBRAS Y B) MACHOS. I) INMADUROS, II) EN MADURACIÓN, III) MADUROS.	41
FIGURA 25: CPUE (KG/Nº BOTES*DIAS) DE PULPO CAPTURADO CON CADUFOS EN LOS DISTINTOS MESES.....	42
FIGURA 26: OJIVA DE MADUREZ CORRESPONDIENTE A LA LDM (MM) DE PULPO PARA A) AMBOS SEXOS COMBINADOS Y B) SEXOS SEPARADOS, MACHOS (1) Y HEMBRAS (2).	43
FIGURA 27: OJIVA DE MADUREZ CORRESPONDIENTE AL PESO (G) DE PULPO PARA A) AMBOS SEXOS COMBINADOS Y B) SEXOS SEPARADOS, MACHOS (1) Y HEMBRAS (2).	44
FIGURA 28: EVOLUCIÓN DE LAS ÉPOCAS DE VEDA EN LAS NORMATIVAS QUE REGULAN LA PESCA DE PULPO CON CADUFOS EN LAS DISTINTAS PROVINCIAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.	47
FIGURA 29: PORCENTAJE DE BARCOS DEDICADOS A LA PESCA DE PULPO CON CADUFOS DE CADA PROVINCIA SEGÚN LAS DISTINTAS CATEGORÍAS.....	51

1. Introducción

1.1. Descripción del recurso explotado

El pulpo común, *Octopus vulgaris*, es una especie bentónica, nerítica, que se distribuye desde la costa hasta el borde exterior de la plataforma continental. Habita en profundidades de 0 a 200 m, donde ocupa gran variedad de hábitats, como rocas, arrecifes de coral, arenas, fangos y lechos de pastos (Roper *et al.*, 1984). El rango de temperaturas en el que se suele encontrar va de los 6° hasta los 33°C, siendo mucho más frecuente entre 10° y 30°C y quedando inactivo en aguas por debajo de 6° C. La salinidad oscila entre aproximadamente 32 y 40 psu en las áreas donde se sabe que se encuentra la especie (Mangold, 1987).

En las costas de la Provincia de Alicante, es más abundante en el rango de 10-50 m de profundidad (Belcari *et al.*, 2002). Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino	Animalia
Phylum	Mollusca
Clase	Cephalopoda
SubClase	Coleoidea
SuperOrden	Octopodiformes
Orden	Octopoda
SubOrden	Incirrata
SuperFamilia	Octopodoidea
Familia	Octopodidae
Género	<i>Octopus</i>
Especie	<i>Octopus vulgaris</i>

Es una especie cosmopolita, distribuida en ambientes tropicales y subtropicales (Figura 1). A lo largo de su rango de distribución, se sabe que esta especie realiza migraciones estacionales, generalmente hiberna en aguas profundas y migra hacia aguas más someras durante el verano (Roper *et al.*, 1984).

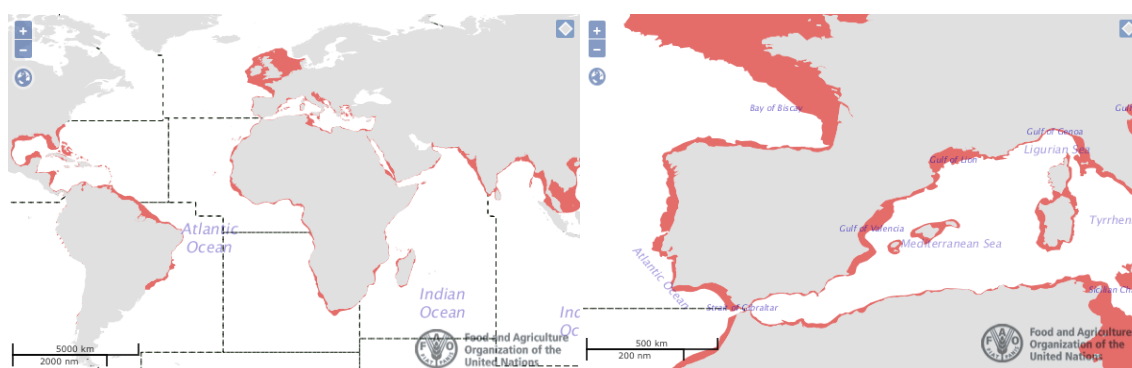


Figura 1: Área de distribución de *Octopus vulgaris*. Tomado de FAO.

Los miembros de la clase Cephalopoda son gonocóricos, poseen sexos separados, es decir, machos y hembras corresponden a individuos distintos durante todo su ciclo vital (Roper *et al.*, 1984). El pulpo común es una especie semélpara, los individuos solo tienen un episodio reproductivo antes de morir, siendo la muerte después de la reproducción parte de una estrategia global que incluye usar todos los recursos disponibles en maximizar la reproducción.

Durante el apareamiento los machos realizan varias exhibiciones para atraer a las hembras para la cópula. En ésta, el macho agarra a la hembra e inserta el brazo hectocotilo en la cavidad del manto de la hembra, donde generalmente ocurre la fecundación (Bayle-Sempere, 2017).

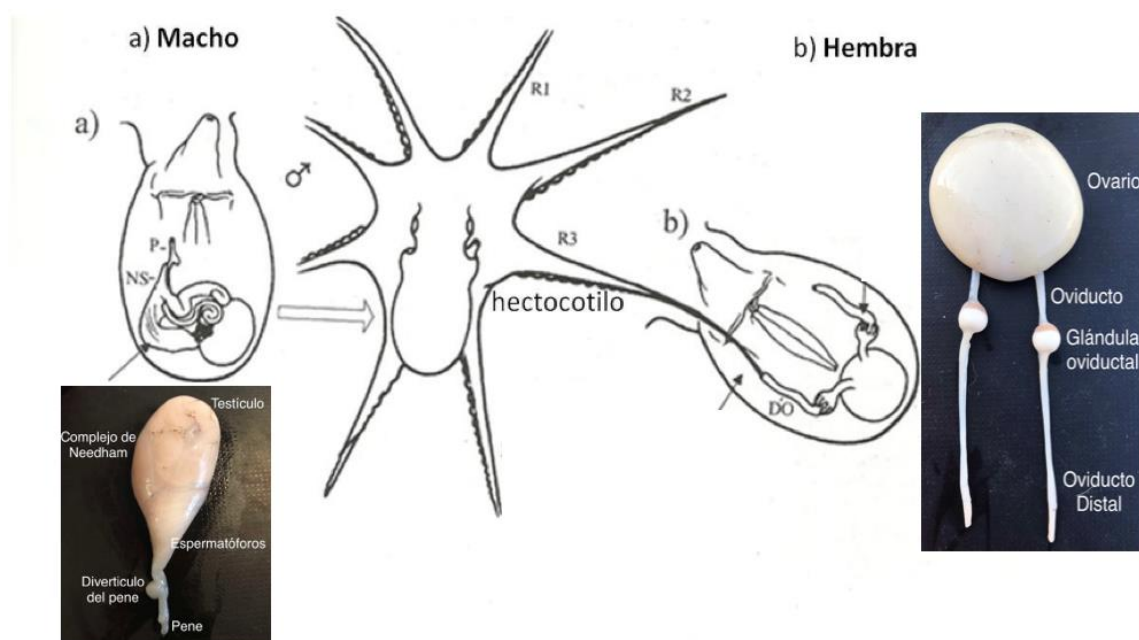


Figura 2: Proceso de apareamiento de *Octopus vulgaris* (Modificado de Hanlon y Messenger, 1996).

Según Rocha *et al.* (2001) los machos maduran antes que las hembras y, como se pueden encontrar machos maduros durante todo el año, la temporada de desove se determina principalmente por la presencia de una alta proporción de hembras maduras. Estos autores definen a *O. vulgaris* como una especie de desove terminal simultánea con un modelo reproductivo en el cual la ovulación es sincrónica y el desove ocurre durante un corto período de tiempo, al final de la vida del animal. Debido a su corta vida (12 a 18 meses), se cree que la abundancia de *O. vulgaris* depende de la fuerza de reclutamiento, lo que resulta en fluctuaciones interanuales importantes de los rendimientos y los desembarques

(Boyle y Rodhouse, 2005), lo que, a su vez, depende de las condiciones ambientales (Otero, 2007), influyéndole especialmente la temperatura del agua y la cantidad de alimento disponible (Semmens *et al.*, 2004)

Las hembras de *O. vulgaris* pueden almacenar los espermatóforos dentro de sus glándulas oviductales durante algún tiempo antes de la fertilización y el desove, y ésta podría ser una de las explicaciones para la maduración temprana de los machos, ya que esta estrategia garantizaría la presencia de machos completamente maduros capaces de aparearse con hembras en proceso de maduración (Fernández-Núñez *et al.*, 1996).

La longitud total máxima de las hembras oscila entre los 1.2 m y en los machos hasta 1.3 m, el peso máximo registrado es de 10 kg, pero lo más común es que rondan los 3 kg (Roper *et al.*, 1984). En cuanto a la talla de primera madurez, existe cierta controversia, pues según FAO, la talla de primera madurez en el Mediterráneo ronda los 95 mm para los machos y 135 mm para las hembras. Según Bayle-Sempere (2017) en el Mar Mediterráneo el pulpo común alcanza la madurez sexual sobre los 105mm de longitud del manto, en machos, con un peso de entre 1.125 y 1.250 g de peso total y las hembras presentan una talla de madurez de 115mm de longitud del manto, con un peso de entre 1.200 y 1.300 g, correspondiendo estos tamaños a individuos de entre 1.1 y 1.3 años. Mangold (1983) declaró que, en el Mediterráneo, las hembras de *O. vulgaris* desovan con un tamaño promedio de 1000-1500 g. Sin embargo, en la provincia de Alicante, las hembras parecen alcanzar la madurez sexual con una longitud del manto de 143mm y un peso de 1067.57 g (González *et al.*, 2011). Este peso de madurez es menor que el obtenido en áreas cercanas al Océano Atlántico: 1250 g en el Golfo de Cádiz (Rodríguez-Rúa *et al.*, 2005) o 2023 g (Silva *et al.*, 2002); 2400 g en Santa Luzia (aguas del sur de Portugal) (Carvalho y Reis, 2003); 1784,3 g en aguas gallegas (Atlántico nororiental) (Otero *et al.*, 2007). Parece que las hembras de *O. vulgaris* llegan a la madurez sexual con tamaños muy diferentes, sin importar si los animales provienen de diferentes áreas o son de la misma población, principalmente dependiendo de la luz, la temperatura y la alimentación (Mangold, 1983).

En el Mediterráneo occidental, los individuos más grandes, maduros o en proceso de maduración, migran hacia la costa a comienzos de la primavera, con el objetivo de aparearse o de realizar la puesta si se trata de hembras ya fecundadas. Los individuos más pequeños o inmaduros siguen a éstos en una época posterior del año, dando este patrón migratorio lugar a dos picos de reclutamiento. Normalmente se suelen observar estos dos

picos de desove cada año, en todo su rango de distribución: en el Mediterráneo y el Mar Interior de Japón. El primero ocurre en abril/mayo en los individuos que migran a la costa en primavera (el más importante en el Mediterráneo) y el segundo en octubre, correspondiente al grupo de individuos que migra en otoño (el más importante en Japón); frente a África Occidental, alrededor de Cabo Blanco, el primer pico de desove ocurre en mayo/junio y el segundo (el más importante) en septiembre. Estos dos grupos comienzan su retirada hacia aguas más profundas en agosto/septiembre y noviembre/diciembre, respectivamente (Roper *et al.*, 1984). Sin embargo, en la provincia de Alicante parece que solo se produce un pico de desove, de mayo a julio (González *et al.*, 2011), resultados similares a los que encontraron Rodríguez-Rúa *et al.* (2005) en Cádiz y Fernández-Núñez *et al.* (1996) en el Banco del Sahara.

Las hembras pueden producir entre 120.000 y 400.000 huevos de poco más de 2 mm, que depositan en cadenas en grietas o agujeros, generalmente en aguas poco profundas. El desove puede durar hasta 1 mes y durante el período de incubación (de 20-25 días a 25°C hasta 125 días a 13°C), las hembras prácticamente dejan de alimentarse y mueren después de la eclosión de las larvas, mientras que los machos mueren después del apareamiento (Roper *et al.*, 1984).

En el litoral de la provincia de Alicante, entre mayo y julio, más del 80% de los machos están en el estadio más alto de madurez sexual, y más del 60% de las hembras suelen estar en el estadio más alto de madurez sexual a partir de junio, alcanzando la proporción más alta de hembras desovantes e incubantes en julio. Por tanto, la eclosión en esta zona tendría lugar de agosto a septiembre, y el asentamiento de mediados de septiembre a noviembre (Bayle-Sempere, 2014).

Sin embargo, Tsangridis *et al.*, (2002) observaron que, en las costas catalanas, la época de desove es de septiembre a diciembre. Esta misma situación parece darse en el norte de la Comunidad Valenciana, donde los pescadores describen capturas de pulpos grandes en otoño-invierno.

En su ciclo de vida, los embriones viven durante un tiempo en la fase planctónica, hasta que crecen y adoptan una existencia bentónica. Dado que las paralarvas de esta especie son pelágicas, existe una alta probabilidad de que las primeras etapas de desarrollo estén sujetas a la influencia de las condiciones oceanográficas, especialmente las relacionadas con parámetros físicos, tales como upwellings, eddies de mesoescala o frentes, que en

última instancia controlan la abundancia de alimentos para las paralarvas (zooplancton) (Mangold y Boletzky, 1973). Otro momento crítico es el asentamiento de las paralarvas y se ha descrito que la presencia de descartes puede favorecer la supervivencia de los pulpos después de su cambio a la vida bentónica, al proporcionar un recurso trófico abundante y accesible, lo que podría explicar, junto con el descenso de predadores directos, las grandes abundancias de la especie en zonas con intensidades de pesca elevadas como el banco sahariano (Balguerías, E., comunicación personal). En las etapas juvenil y adulta, la temperatura y la disponibilidad de presas juegan un papel muy importante debido a su influencia en el crecimiento y la maduración (Mangold y Boletzky, 1973).

Debido a la baja migración que realizan los juveniles bentónicos y adultos, la conectividad entre las poblaciones locales está más relacionada con la dispersión de las paralarvas. Desafortunadamente, el problema de los estudios de larvas de pulpo común es la ausencia de estudios dirigidos a estas primeras etapas de desarrollo. Sin embargo, en Galicia, hay varios estudios que sugieren que la retención costera parece ser el factor ambiental principal para el éxito del reclutamiento de *O. vulgaris*, mientras que la intensidad del upwelling y la turbulencia inducida por el viento parecen ser un factor secundario (González *et al.*, 2005; Otero *et al.*, 2007).

No existe un reservorio de adultos para proteger a la población contra las fluctuaciones en el desove y el éxito del reclutamiento. Sin embargo, las poblaciones aparentemente se recuperan relativamente rápido después de períodos de baja abundancia. Por lo tanto, los cefalópodos son sensibles (en términos de respuesta rápida) y resilientes (en términos de recuperación) a las perturbaciones, incluida la sobrepesca y, potencialmente, el cambio climático. Por ello, puede ser difícil distinguir entre los efectos del cambio climático direccional y la variación climática local, y de hecho (como es el caso de todas las especies explotadas) entre estos efectos y los efectos de la pesca (Pierce *et al.*, 2010).

1.2. Descripción de las flotas implicadas y artes de pesca empleados

El pulpo común resulta una especie de alto interés económico que tradicionalmente se ha pescado empleando artes de trampas, como nasas o cadufos, aunque también puede capturarse mediante artes de red como el trasmallo o enmalle, así como con arrastre (Pita *et al.*, 2015).

1.2.1. Cadufos

La pesca de pulpo con cadufos, pertenece a los artes de trampa, útiles de pesca que se calan fijos al fondo y actúan, a modo de trampa, para la captura de diversas especies pesqueras, por lo que se consideran artes pasivos. Esta modalidad de pesca ha ido adquiriendo cada vez mayor interés en los últimos años, hasta convertirse, actualmente, en una de las principales pesquerías, siendo el pulpo una especie fundamental para la subsistencia del sector pesquero artesanal.

La flota de artes menores es la que se dedica a la pesca de pulpo con alcatruces o cadufos, pudiendo ir equipadas con un virador específico montado en el costado de estribor.

En la figura 3 se muestra un esquema de la modalidad de pesca de pulpo con cadufos, que consiste en una tena compuesta por un cabo de entre 20 y 25 mm de mena (5), del que salen, cada 10-13 metros, una brazolada (6) con un bote o cadufo en su extremo (7). La longitud de la tena y el número de cadufos varía según el tamaño del caladero, la preferencia del patrón o el número de tripulantes, que normalmente oscila entre 2 y 3 tripulantes por embarcación. El cadufo está relleno en el fondo con hormigón para que se hunda. El aparejo está señalizado con una boya (1) en el lugar donde se cala, de dicha boya cuelga un calamento aplomado (cuerda) que hace las veces de cabecero de arte (2) empleando un rezón o ancla pequeña (3) y una piedra o muerto (4) con el fin de mantener los cadufos en el fondo.

El aparejo aprovecha la necesidad de refugio del pulpo común (*Octopus vulgaris*) para capturarlo al ofrecerle un lugar donde resguardarse, por lo que no es necesaria carnada. Al levantar el aparejo, el pulpo no sale del cadufo, en la mayoría de los casos, ya que tiende a proteger su guarida. El arte se cala y se deja en el mar dos o tres días, tras los cuales se procede al levantamiento y seguidamente se vuelve a dejar en el mismo sitio. Una vez el cadufo llega a la altura del virador, se inspecciona el interior para cerciorarse de que lleva un pulpo y extraerlo en su caso, aunque los marineros expertos no necesitan inspeccionarlo, simplemente con el peso pueden saber si hay pulpo o no. Para extraer el

pulpo del cadufo normalmente se echan unas gotitas de lejía por el agujero pequeño de la parte posterior, de esa manera el pulpo sale solo. Este método de pesca es prácticamente exclusivo para capturar pulpo común, por lo que no existe pesca accidental significativa de otras especies ni genera descartes, y es debido a ello, que esta modalidad de extracción se considera marisqueo y su gestión depende de las Comunidades Autónomas.

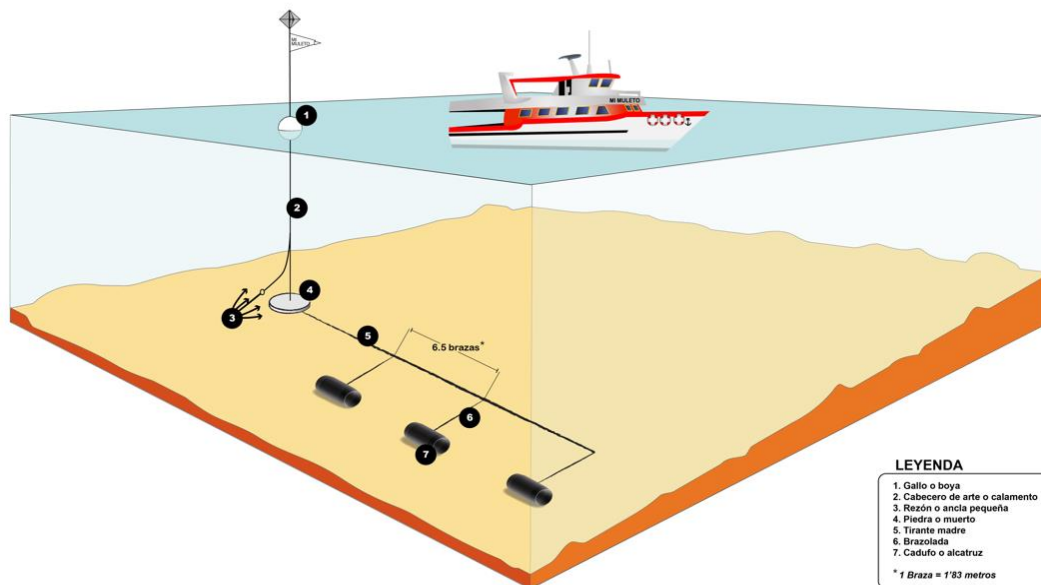


Figura 3: Esquema de la modalidad de pesca artesanal del pulpo con cadufos.

1.2.2. Arrastre

La pesca de arrastre está ampliamente distribuida en el Mediterráneo, donde tiene un importante papel socioeconómico, caracterizándose por ser multiespecífica y por ejercer una elevada presión sobre los grupos de edad más jóvenes e inmaduros (Caddy, 1993) y es en términos de captura y potencia uno de los artes principales para las flotas.

En el Mar Mediterráneo, las capturas de pulpo con arrastreros que operan en la plataforma continental constituyen una fracción importante de los desembarques totales de estos buques (Belcari y Sartor, 1993).

El arte de arrastre de fondo está diseñado para capturar especies que se encuentran sobre el fondo (bentónicas), o asociadas a él (demersales). Las principales especies que se capturan mediante este arte son: gamba, cigala, rape, pulpo, jibia, pintarroja, salmonete, araña, bacaladilla, merluza o pescadilla, lenguado, besugo, jurel, etc.

La embarcación tiene una eslora de entre 12 y 24 m y suele estar tripulada por entre 4 y 7 personas. El arte de pesca presenta un cuerpo en forma de cono cuya parte final se llama copo, y se empieza a ensanchar desde la garganta hasta la boca. El arte está conectado a las puertas por un par de malletas (de cuerda o alambre de metal) y las puertas están conectadas a la embarcación por un par de cables de arrastre (normalmente de alambre de acero). A veces entre la red y las malletas hay unos vientos, uno que va unido a la relinga de flotadores y otro a la relinga de plomos, con el fin de proporcionar mayor abertura vertical (30-40m). Las malletas y los cables de arrastre, así como las puertas, también son parte del sistema de captura, ya que empujan a los peces hacia el centro de la ruta de arrastre y la red en sí. Las puertas mantienen la red abierta lateralmente, mientras la abertura vertical la mantienen pesos en la parte inferior (relinga inferior) y flotación en la parte superior (relinga superior) (Cochrane, 2005).

El arrastre es un arte multiespecífico, muy poco selectivo y con gran cantidad de descartes, sin embargo, se puede reducir la captura de ejemplares pequeños aumentando la luz de la malla y/o usando dispositivos excluidores como rejillas de selección o paños de malla grande que permitan a los individuos más pequeños escapar. En el caso de la pesca del pulpo con arrastre, este impacto negativo se puede evitar devolviendo al mar los pulpos que no alcancen el peso mínimo, ya que la tasa de supervivencia de la especie es bastante alta.

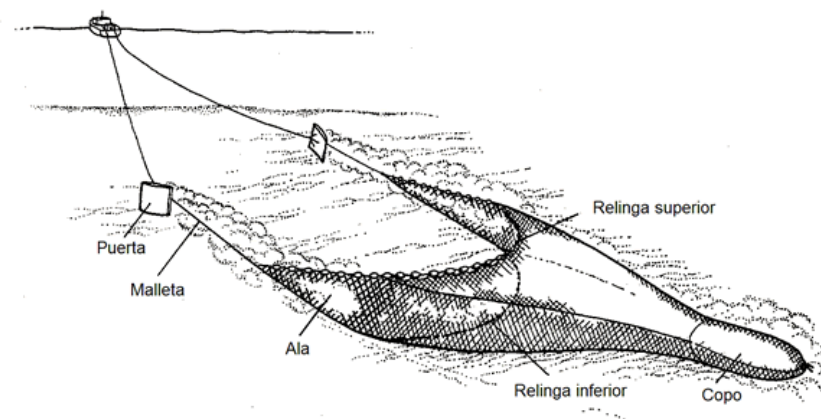


Figura 4: Esquema del arte de arrastre (tomado de Cochrane, 2005).

1.2.3. Redes de enmalle y enredo

Dentro de los distintos tipos de artes que utilizan redes, el pulpo es capturado con mayor incidencia en las redes de trasmallo, y con menor incidencia en las redes de enmalle. No obstante, siempre son capturas accidentales, pues no es la especie objetivo.

1.2.3.1. Trasmallo

Los trasmallos son un tipo de artes pasivos, de enredo, utilizados en las pesquerías artesanales, que constan de tres paños de red, todos ellos fabricados de nylon, blanco o coloreado, y con forma rectangular. Las piezas se arman “a la mitad” de tal manera que, cuando se montan, alcanzan una longitud de 50 a 55 m. Una vez caladas tienen muy poca altura (entre 1 y 1,5m) y la unión de unas cuantas piezas (entre 20 y 30) da lugar a la “tena” (Cochrane, 2005).

El trasmallo es un arte fijo de fondo, donde los dos paños externos son iguales y tienen la malla muy clara (grande), mientras que el tercer paño, que se encuentra entre los dos anteriores, es de malla mucho más pequeña y fina (ciega), y sus dimensiones (en longitud) son mayores, con el fin de que, quede en banda y forme bolsas. Los tres paños están unidos por la parte superior a la relinga de corchos y por la inferior a la de plomos (Cochrane, 2005).

La presa no queda enmallada por las agallas, sino que queda atrapada en las bolsas de las mallas central y laterales. El trasmallo puede recibir distintos nombres: “Tir” cuando es para el salmonete (*Mullus spp*); “Sepiera” cuando es para la sepia (*Sepia officinalis*); “Llangostera” cuando es para la langosta (*Palinurus spp*)...

Dentro de las distintas modalidades de trasmallo, es más usual capturar pulpo con la “sepiera”, seguida del “tir”, sobre todo en los meses de abril a julio. El pulpo no se queda enganchado en la red, lo que sucede es que, en el momento de levantar el arte, el pulpo se está alimentando de algún pescado que había quedado enredado en el arte, por tanto, es izado también.

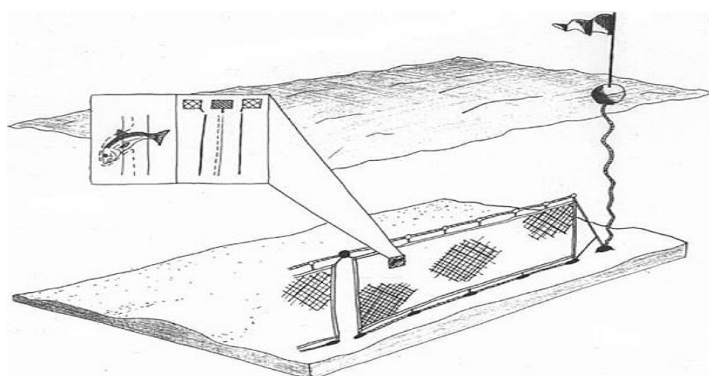


Figura 5: Esquema del arte trasmallo (tomado de Cochrane, 2005).

1.2.3.2. Enmalle

Las redes de enmalle son redes simples de un solo paño, con una relinga de corchos en la parte superior y otra de plomos en la parte inferior. En ellas, las presas (normalmente peces no planos) quedan enmalladas por las agallas, por lo que también reciben el nombre de redes “agalleras”. La diferencia más importante entre los distintos tipos de redes de enmalle es el tamaño de la malla, dependiendo de la especie que se quiera capturar, y la forma del calado, por lo que se pueden distinguir dos grandes grupos: las de fondo y las de deriva (Cochrane, 2005).

Las “bonitoleras” son las redes de enmalle de fondo más utilizadas en la Comunidad Valenciana pudiendo ser de plástico o de nylon. Convenientemente lastradas y señalizadas quedan fijas, a modo de pared, con la relinga de plomos en contacto con el fondo. Cada pieza, una vez montada, tiene una longitud aproximada de 50m, ya que generalmente, las piezas en seco y estiradas tienen una longitud de unos 100m y se arman a la mitad. Un determinado número de piezas forman el arte (unas 10 piezas) por lo que la longitud total suele ser de unos 500m siendo la red que presenta mayor altura una vez en el agua. El extremo más próximo a tierra tiene una altura entre 11 y 13 m, mientras que el más alejado puede alcanzar los 18 o 20 m.

La captura de pulpos con este tipo de redes se produce en menor medida que con las redes de trasmallo, sucediendo de manera casual. No obstante, el procedimiento por el cual el pulpo es capturado es el mismo, siendo la mayor incidencia de octubre a mayo.

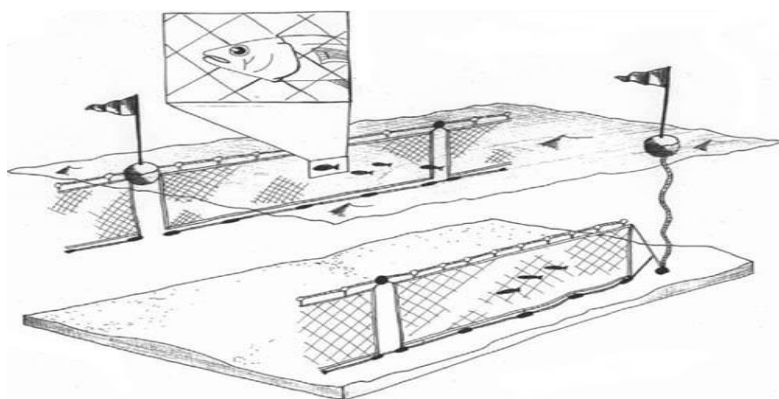


Figura 6: Esquema del arte de enmalle (tomado de Cochrane, 2005).

1.3. Justificación y objetivos

Hoy en día, el pulpo es una especie habitual en las pesquerías de arrastre y artes menores de la Comunidad Valenciana, sin embargo, en otros tiempos, esta especie apenas tenía interés comercial, se consumía a nivel muy local, por los propios pescadores y la mayor parte de las capturas se devolvían frecuentemente al mar como descartes.

Desde los años 80 la demanda de esta especie comenzó a crecer y su valor aumentó, de forma que todos los ejemplares capturados por el arrastre y, ocasionalmente por diferentes artes menores, eran comercializados por lo que su pesca específica mediante cadufos se hizo habitual en algunos puertos del norte de la Comunidad Valenciana.

En los últimos años el valor comercial de esta especie ha seguido aumentando y sus capturas se han incrementado hasta convertirse, en muchos puertos, en la principal especie bentónica, con volúmenes anuales superados únicamente por la sardina y el boquerón. Este hecho implica la aparición de diversos conflictos sobre la explotación del recurso por parte de diferentes modalidades de pesca (artesanales frente a arrastreros) así como por las medidas de regulación vigentes (uso simultáneo de cadufos con otras artes).

A raíz de ello, aparece la necesidad de obtener datos actualizados e incrementar el conocimiento científico disponible para proponer mejores medidas de gestión pesquera en beneficio tanto de la conservación de la especie a largo plazo, como para el mantenimiento de la actividad pesquera.

El objetivo general del presente estudio es determinar los principales aspectos de la biología y la pesca del pulpo común (*Octopus vulgaris*) en la Comunidad Valenciana, con el fin de disponer de información científica sobre la que fundamentar las medidas propuestas para su explotación sostenible.

Para ello se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar la evolución de las capturas, el esfuerzo pesquero, la CPUE y el valor económico de la pesca de pulpo en la Comunidad Valenciana.
- Estimar los principales parámetros biológicos del pulpo y su ciclo reproductivo.
- Analizar la gestión de la pesquería y la opinión de los pescadores para mejorarla.
- Proponer mejoras para la gestión de la pesquería de pulpo en la Comunidad Valenciana.

2. Material y métodos

2.1. Área de estudio

La Comunidad Valenciana se encuentra en la cuenca occidental del mar Mediterráneo, que abarca una extensión de 860.000 km² con una profundidad máxima de unos 3700 m. Su salinidad media es de unas 38,5 PSU en las zonas profundas y algo menor en las aguas superficiales. La temperatura del agua profunda es de unos 13°C y relativamente constante, en tanto que en las capas superficiales varía entre los 13°C en invierno y los 26°C en verano.

La figura 7 muestra el área de estudio, localizada en la Comunidad Valenciana, costa este española (Mediterráneo occidental, división 37.1.1 FAO). Se han seleccionado todos los puertos pesqueros del área para el estudio, sin embargo, la toma de datos mediante muestreos a bordo se ha realizado en el puerto de Villajoyosa, en la provincia de Alicante.

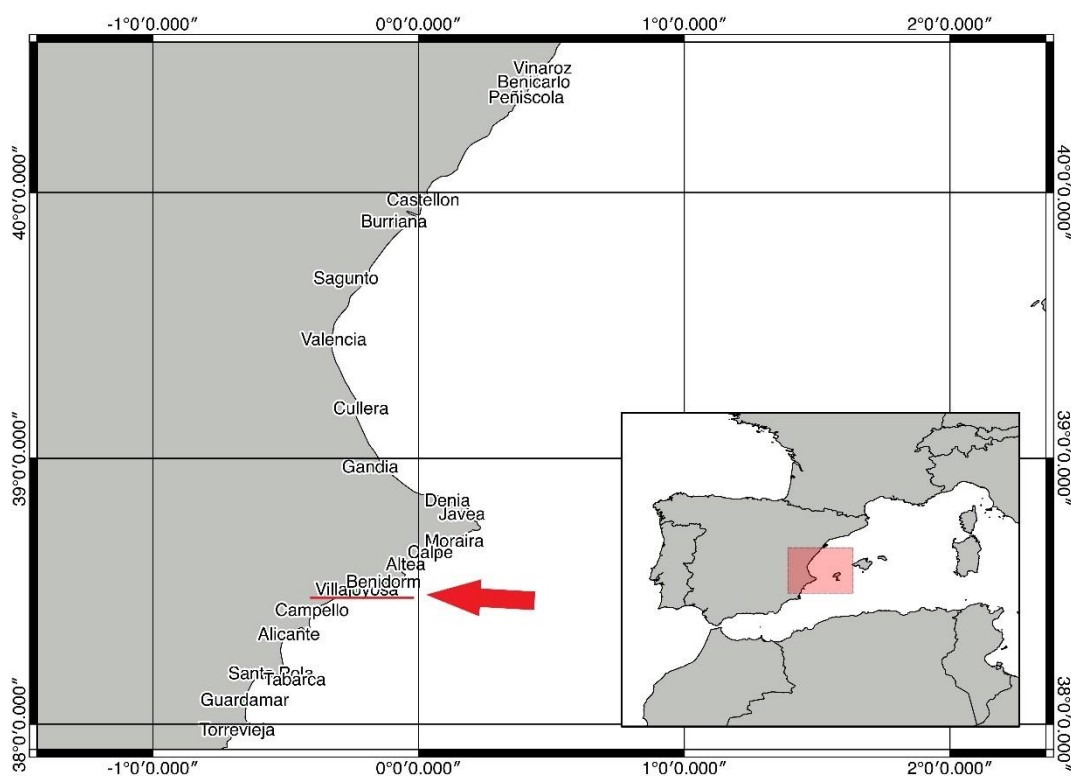


Figura 7: Mapa del área de estudio (Mediterráneo occidental) mostrando las posiciones de los puertos seleccionados de la Comunidad Valenciana.

En la provincia de Alicante, actualmente están constituidas 14 cofradías de pescadores. Este elevado número de cofradías contrasta con lo que sucede en Valencia y Castellón donde tan sólo existen 5 y 4, respectivamente. A excepción de Sagunto en Valencia, las

ocho restantes se pueden calificar como cofradías grandes donde la más pequeña es la de Valencia con 17 barcos y la más grande, la de Cullera, cuenta con 47 embarcaciones. De las cofradías de Alicante, comparándolas con estos datos, tan sólo 3 de ellas, Dénia, Villajoyosa y Santa Pola, superan la media valenciano-castellonense. Estas comparaciones indican que la provincia de Alicante se encuentra muy fragmentada en pequeñas cofradías.

Tabla 1: Número de barcos arrastreros y artesanales en los distintos puertos de la Comunidad Valenciana en el año 2017. Fuente: MAPAMA Censo flota operativa pesquera. El número total de barcos es la suma de artesanales y arrastreros, que son los que afectan a la pesca de pulpo, el resto de embarcaciones no se han cuantificado.

Provincia	Puerto	ARRASTRE	ARTES MENORES	TOTAL
Castellón	BENICARLO	18	13	31
	BURRIANA	8	15	23
	CASTELLON	15	18	33
	PEÑISCOLA	23	14	37
	VINAROS	10	16	26
Valencia	CULLERA	14	33	47
	GANDIA	6	36	42
	SAGUNTO	1	7	8
	VALENCIA	6	11	17
Alicante	ALICANTE	0	4	4
	ALTEA	11	4	15
	BENIDORM	0	2	2
	CALPE	13	6	19
	CAMPELLO	0	10	10
	DENIA	17	11	28
	GUARDAMAR DEL SEGURA	0	9	9
	ISLA DE TABARCA	0	6	6
	JAVEA	6	7	13
	MORAIRA	0	3	3
	SANTA POLA	31	53	84
	TORREVIEJA	1	5	6
	VILLAJOYOSA	27	12	39

2.2. Metodología

2.2.1. Análisis de datos pesqueros

Se han extraído y analizado los datos de las capturas de pulpo de FAO a nivel mundial, europeo y español, así como de Octopodidae en el Mediterráneo español.

Se analizaron en profundidad los datos procedentes de las hojas de venta de todas las lonjas de la Comunidad Valenciana desde 2009 hasta 2018. Para ello se extrajeron los datos de las bases de datos de Access anuales, tanto para la flota artesanal como la arrastrera. La tabla 2 muestra un ejemplo de las tablas finales obtenidas para trabajar en Excel. Mediante tablas dinámicas se organizaron los datos para poder analizarlos al detalle. La separación de capturas de la flota de artes menores entre capturas realizadas con cadufos y capturas realizadas con otros artes se realizó analizando el patrón de capturas temporal de cada barco. Para ello se representaron gráficamente las capturas totales y de pulpo diarias de cada barco, con el fin de encontrar patrones que indicaran si dicho barco estaba pescando pulpo con cadufos o no. En la figura 8 se presenta el patrón de un barco que se dedica exclusivamente a la pesca de pulpo con cadufos, pues todos los días, las capturas totales coinciden con las capturas de pulpo y durante las vedas no pesca. A continuación, se identificaron las temporadas de pesca, siendo en el caso de este ejemplo desde el 28/07/16 hasta el 28/01/17 y del 30/06/17 hasta el 26/12/17, y se calcularon la captura de pulpo, la captura total y los días de pesca anuales. Una vez analizados todos los barcos artesanales se pudo obtener el esfuerzo (en días de pesca y número de barcos) y se calculó la CPUE anual de la pesca de pulpo con cadufos como $\text{captura en kg}/(\text{n}^\circ \text{ de días de pesca} * \text{eslora de cada embarcación})$, correspondiéndose los días de pesca con el número de días que los cadufos han estado sumergidos en el agua, desde el comienzo hasta el final de la temporada de cada barco.

Para obtención de las mismas variables de la flota de arrastre se analizaron los datos mediante tablas dinámicas, filtrando los barcos con capturas de pulpo y sumando las capturas y los días de pesca para finalmente poder calcular la CPUE.

Agrupando las capturas de pulpo por meses, se pudo obtener la estacionalidad que predomina en cada puerto, con lo que se pudo observar cuáles fueron los meses con mayores capturas en cada provincia.

Tabla 2: Ejemplo de tablas finales obtenidas en Excel tras el cruce de tablas de las bases de datos en Access.

Puerto base	Censo por modalidad	Nombre buque	Fecha	Peso (kg)	Precio/kg	Nombre científico
BENICARLÓ	ARTES MENORES	Barco A	02/01/2018	7.0999999	10.0799999	<i>Octopus vulgaris</i>
VINAROZ	ARTES MENORES	Barco B	02/01/2018	4.32000017	5.63999987	<i>Pagellus erythrinus</i>
VINAROZ	ARTES MENORES	Barco C	03/01/2018	19.1800003	12.6300001	<i>Sepia officinalis</i>
VINAROZ	ARTES MENORES	Barco D	02/01/2018	7.92000008	0.74000001	<i>Sarpa salpa</i>

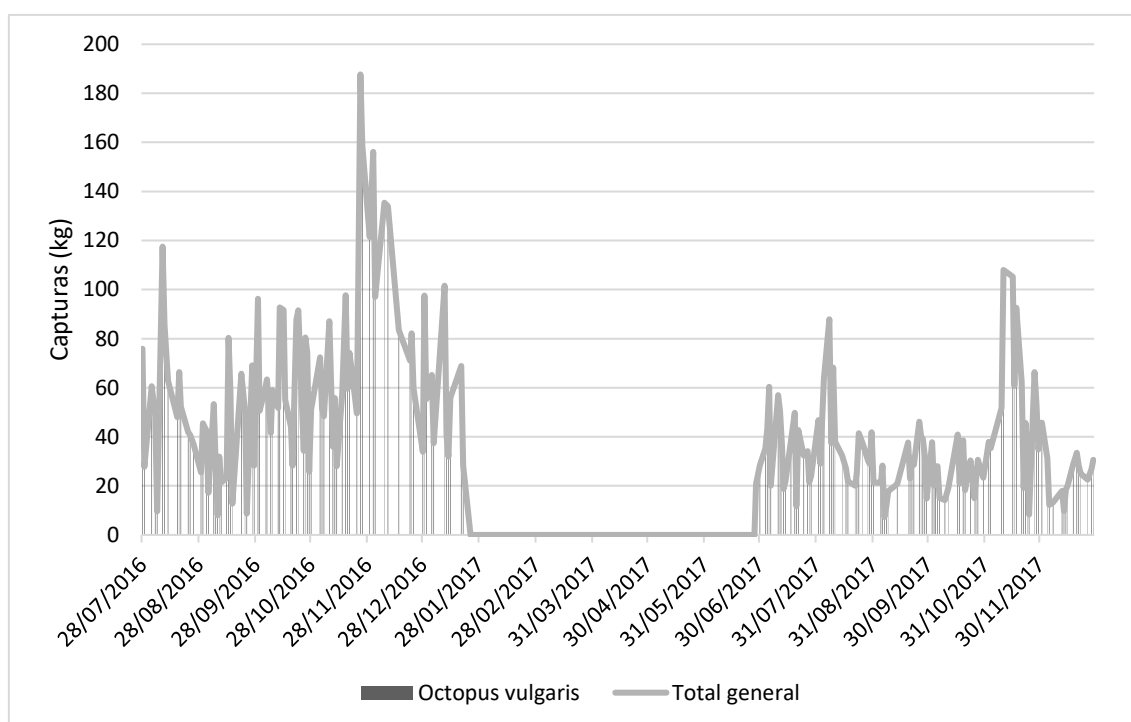


Figura 8: Ejemplo de cómo identificar barcos que pescan pulpo con cadufos, representando la captura total diaria frente a la captura de pulpo diaria de una embarcación.

Finalmente, con los datos procedentes de las campañas MEDITS de los años 2012-2018, se calcularon los índices de biomasa de *O. vulgaris* en la Comunidad Valenciana y se compararon las tendencias con las CPUEs procedentes de ambas modalidades, arrastre y cadufos. Primero se calculó el área barrida de cada lance realizado en la Comunidad Valenciana y a continuación, conociendo la captura de cada lance, se obtuvo el índice de biomasa. Se hizo un promedio de los índices de cada lance para conocer el índice de biomasa anual.

$A=D \cdot h$	A= área barrida
	D= distancia recorrida (km)
	h= abertura horizontal (km)
$CPUA=C/A$	CPUA= índice de biomasa
	C= captura (kg)

Figura 9: Fórmulas utilizadas para calcular el índice de biomasa (CPUA) de la campaña MEDITS.

2.2.2. Muestreo y análisis para determinar parámetros biológicos

Se recogieron datos procedentes de muestreos a bordo de una única embarcación de pesca dedicada a la pesca de pulpo con cadufos en la localidad de Villajoyosa (Alicante). Desde enero hasta mayo de 2019 se muestrearon un total de 1303 individuos de *Octopus vulgaris*. En la tabla 3 se muestran las tenas (líneas) caladas por la embarcación con la que se ha realizado el muestreo, el número de botes de cada tena, la profundidad, los días muestreados, la captura total de cada tena y la CPUE (calculada como $\text{kg}/\text{n}^\circ \text{ de botes} \cdot \text{días}$ desde la última vez que se levantó el arte). En la figura 10 se muestran las posiciones de las tenas muestreadas, coloreadas en función de la profundidad. El esfuerzo de muestreo aumentó progresivamente a la vez que la embarcación aumentaba su esfuerzo de pesca, dado que los primeros meses de la temporada de pesca no calaron todos los cadufos permitidos y los fueron calando en función de las capturas de pulpo (tabla 4). Durante dichos muestreos se recogieron los siguientes datos: posición y profundidad inicial y final de cada línea, número de cadufos de cada línea, días transcurridos desde la última vez que se levantaron los cadufos, tipo de fondo y número de pulpos capturados en cada línea. A continuación, se examinaron todos los ejemplares de cada línea, anotando la longitud dorsal del manto (LDM al medio cm más cercano, que comprende desde la línea imaginaria entre los ojos hasta el extremo superior del manto (Hernández López, 2000)), el peso total (g), el sexo y el estado de madurez (según la clave de 3 estados de madurez sexual descrita por Sánchez y Obarti, 1993).

Tabla 3: Resumen de las tenas muestreadas durante el período de estudio.

Tena	Nº de botes	Profundidad (m)	Días muestreados	Captura (kg)	CPUE (kg/botes*día)
1	200	44.8	11	267.5	0.121590909
2	250	43	10	261.4	0.10456
3	250	31	13	504.3	0.155169231
4	250	43	10	245.1	0.09804
5	400	41.1	7	271.6	0.097
6	240	26.5	6	129.4	0.089861111
7	260	30.6	5	100.3	0.077153846
8	200	46.6	6	139.3	0.116083333
9a	200	45	8	185.5	0.1159375
9b	200	45	8	193.3	0.1208125
10	230	48.5	8	224.3	0.121902174

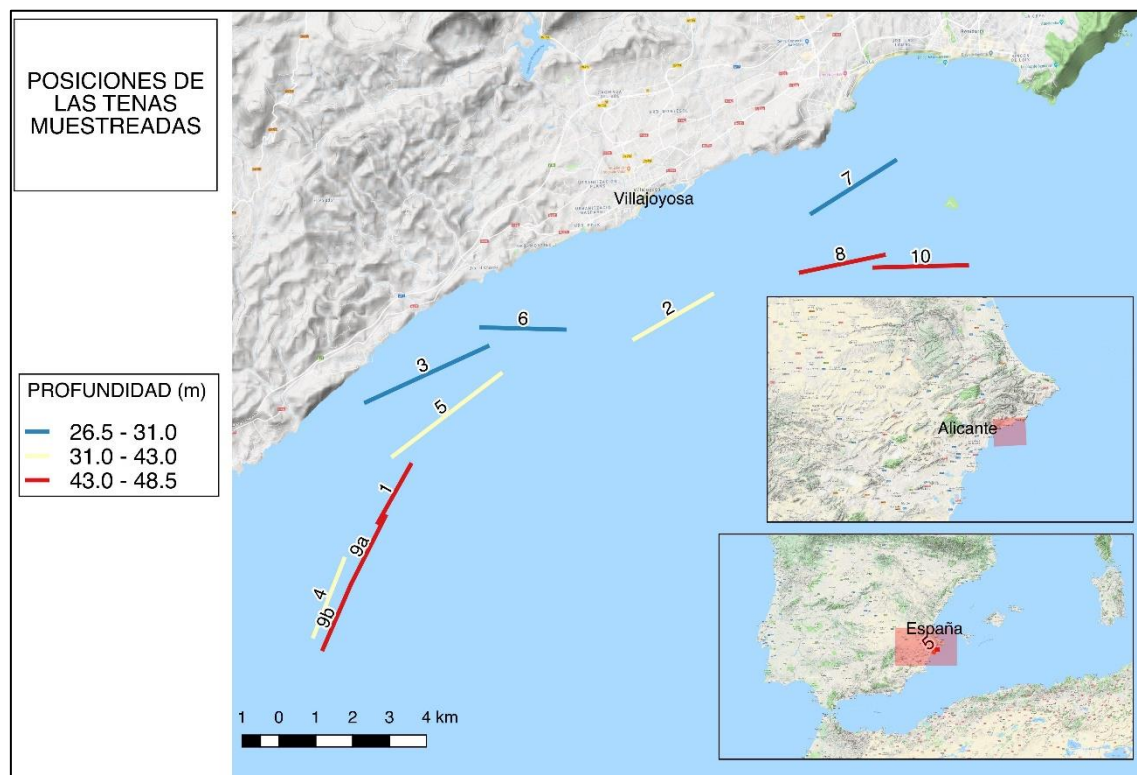


Figura 10: Mapa con las tenas muestreadas en Villajoyosa (Alicante), coloreadas en función de la profundidad.

Tabla 4. Comparación entre el esfuerzo de pesca de la embarcación y el esfuerzo de muestreo.

Mes	Días de pesca	Días muestreados	Peso total (kg)	Peso muestreado (kg)
Enero	7	3	239,4	173,5
Febrero	10	6	525,5	302,7
Marzo	11	7	511,5	369
Abril	12	8	1352.6	566
Mayo	18	10	2447	899

Con los datos obtenidos, se han calculado los siguientes parámetros:

- Proporción de sexos (machos : hembras) mensual y anual, testando con un X^2 si existen diferencias significativas en el número de hembras y machos respecto a la proporción 1:1. Además se ha representado de manera gráfica la frecuencia de sexos en los distintos meses.
- Análisis con el peso de los individuos. Se empleó el análisis de la varianza (ANOVA) (Underwood, 1997) para comprobar diferencias significativas en el peso de los individuos, con un diseño experimental simétrico y balanceado que cuenta con tres factores fijos y ortogonales: “Estación” con 2 niveles (invierno y primavera), “Sexo” con 2 niveles (Hembras y Machos) y “Profundidad” con 2 niveles (somero (de 25 a 31 m) y profundo (de 40 a 50 m)). En cada estación del año, para cada sexo y en cada profundidad se muestrearon 53 individuos, obteniendo un total de 424 réplicas. Los resultados de los análisis de la varianza (ANOVA) que fueron significativos se sometieron posteriormente al test Student-Newman-Keuls (SNK) (Underwood, 1981) para determinar la relación entre los diferentes niveles de los factores. Se comprobó previamente la homogeneidad de varianzas (Zar, 1984) de la variable a analizar con el test de Cochran (Cochran, 1951), transformando, mediante $\sqrt{(x+1)}$ o $\ln(x+1)$, si fuera significativa. En el caso en que ninguna de las transformaciones consiguiera evitar la heterogeneidad de la varianza, la variable fue analizada sin transformar, pero comparando con un valor de F a $P < 0.01$. Este método asegura no incurrir gravemente en un error tipo I, y respeta la robustez del análisis (Underwood, 1981; 1997).

- Frecuencia de estados de madurez en los distintos meses. Se empleó un test X^2 de cada mes por separado, para comprobar si existen diferencias significativas en el número de hembras de cada estado de madurez. No se realizó para los machos pues no se encontró ningún macho inmaduro.
- CPUE (kg de pulpo/nº de cadufos*días calados) mensual. Se empleó el análisis de la varianza (ANOVA) (Underwood, 1997) para comprobar diferencias significativas en la CPUE, con un diseño experimental no balanceado cuyo único factor fijo es “Mes” con 5 niveles: enero (n=3), febrero (n=6), marzo (n=7), abril (n=8) y mayo (n=10). Se obtuvieron un total de 34 réplicas. Los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) que fueron significativos se sometieron posteriormente al test Compute Tukey Honest Significant Differences (TukeyHSD) (Tukey, 1949) para determinar la relación entre los diferentes niveles del factor. Se comprobó previamente la homogeneidad de varianzas (Zar, 1984) de la variable a analizar con el test de Bartlett (Bartlett, 1937), transformando, mediante $\sqrt{(x+1)}$ o $\ln(x+1)$, si fuera significativa. En el caso en que ninguna de las transformaciones consiguiera evitar la heterogeneidad de la varianza, la variable es analizada sin transformar, pero comparando con un valor de F a $P < 0.01$. Este método asegura no incurrir gravemente en un error tipo I, y respeta la robustez del análisis (Underwood, 1981; 1997).
- Talla y peso de primera madurez (L50 y P50) para cada sexo por separado y ambos juntos. La talla o peso de primera madurez se define como la talla o el peso en el cual el 50% de los individuos están maduros. Para ello se empleó el método PMRN (Probabilistic Maturation Reaction Norm) con un Modelo Lineal Generalizado (GLM) (Nelder y Wedderburn, 1972), con la madurez como variable dependiente binaria (0=inmaduro, 1=maduro), la talla y el peso como variables independientes continuas y el mes como variable independiente categórica (enero, febrero, marzo, abril y mayo) (Heino *et al.*, 2002). En esta estimación, se asumió una distribución de error binomial.

2.2.3. *Análisis de la gestión de la pesquería*

Se ha analizado la evolución de la normativa específica para la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana. Para ello se han comparado los 5 decretos publicados desde que se publicó el primero en 1997, revisando los artículos más relevantes.

Se realizaron un total de 6 reuniones en la Comunidad Valenciana, 2 en la provincia de Castellón, 1 en Valencia y 3 en Alicante. Además, se aprovechó la ocasión de dos jornadas de presentación de un proyecto de fomento de poblaciones de calamar y sepia, para tratar con los pescadores interesados, 1 en Villajoyosa (Alicante) y otra en Cullera (Valencia). En dichas reuniones se habló sobre la normativa vigente de la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana, y la posibilidad de realizar Planes de Gestión específicos para cada provincia, e incluso, para distintas zonas dentro de una misma provincia. Con ello se pretendía conocer las opiniones de los pescadores sobre la normativa existente, así como los cambios que realizarían y porqué. Sin embargo, en 2 de las 6 reuniones (1 de Alicante y la de Valencia), únicamente asistieron los representantes de artes menores de la provincia, y en la de Valencia también el patrón mayor provincial, por lo que no pudimos conocer de primera mano las opiniones de los pescadores sino los acuerdos que habían alcanzado en reuniones anteriores. En las 4 reuniones restantes, asistieron los pescadores interesados de las diferentes zonas y expusieron sus valoraciones y críticas hacia la normativa vigente, lo que sirvió de gran ayuda para conocer la problemática existente y las percepciones del sector.

2.2.4. Propuestas para mejorar la gestión de la pesquería

Todos los datos obtenidos, tanto del análisis de datos pesqueros, como de los muestreos, así como las opiniones de los pescadores, se han tenido en cuenta a la hora de elaborar las recomendaciones de cara a la gestión.

3. Resultados

3.1. Evolución de la pesca de pulpo

3.1.1. Capturas globales

La FAO cifra la captura global de pulpo en 2017 en casi 39.000 toneladas, mientras que en el 2000 fue de más de 50.000 toneladas. Si retrocedemos en el tiempo, las capturas siguen aumentando hasta un pico de explotación en 1975 que supera las 109.000 toneladas (figura 11). La misma tendencia han seguido las capturas españolas y europeas, destacando que desde 1967 hasta 1995 las capturas españolas superaban el 50% de las capturas globales, aunque en dichas capturas se computaban las realizadas en el banco Sahariano y a partir de ese año las capturas españolas cada vez aportan menos a la captura global, hasta 2017 que apenas llegan a ser el 10%. Las capturas europeas, sin embargo, en ningún momento bajan de aportar el 50% de las capturas mundiales. Por tanto, España y Europa han sido siempre contribuidores importantes de las capturas de pulpo a nivel mundial.

En el Mediterráneo español se aprecia un patrón distinto en las capturas de Octopodidae, con una tendencia ascendente en las capturas hasta el año 2000 con un pico de casi 8.000 toneladas, y un descenso desde entonces hasta la última cifra conocida en 2015, con un valor algo superior a las 3.000 toneladas anuales (figura 12).

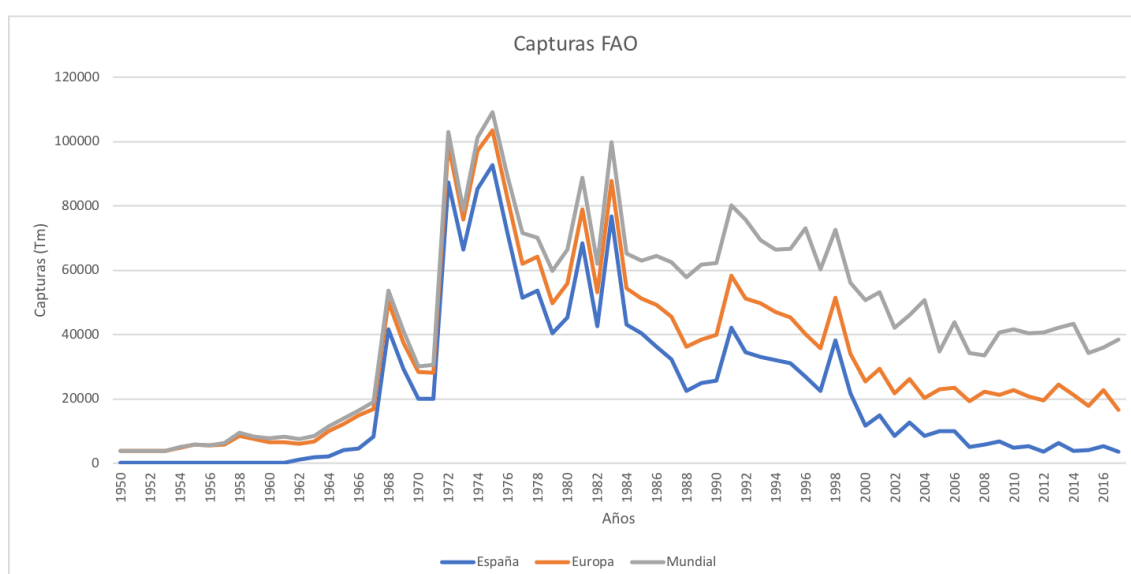


Figura 11: Capturas (en toneladas) mundiales, europeas y españolas de *O. vulgaris* (fuente: FAO).

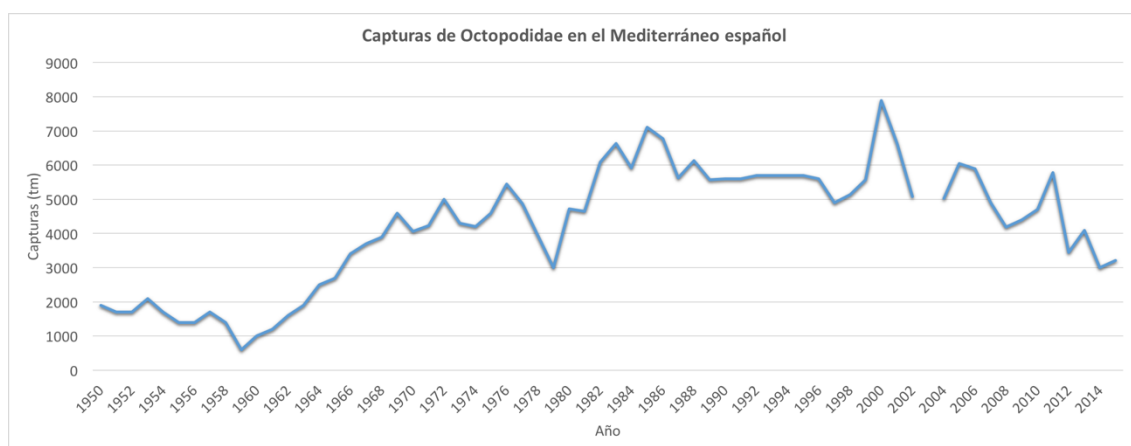


Figura 12: Capturas (en toneladas) de Octopodidae en el Mediterráneo español (fuente: FAO).

3.1.1.1. Capturas anuales en la C.V.

En la figura 13 se muestran las capturas anuales de *O. vulgaris* con las modalidades de arrastre y cadufos en las distintas provincias de la Comunidad Valenciana a partir de los datos de las hojas de primera venta. El resto de las artes, tales como redes de enmalle o de trasmallo no se han incluido debido a la baja proporción de las capturas totales que representan. En el 2017 las capturas de pulpo con redes fueron un 9.8% de las capturas de pulpo por la modalidad artesanal en Alicante (16500 kg), un 16% en Valencia (25000 kg) y un 0.8% en Castellón (540 kg).

Las capturas de pulpo en la Comunidad Valenciana han pasado de casi 1150 toneladas en 2009, a 725 toneladas en 2018, lo que supone una reducción del 37%. Sin embargo, los datos desagregados por tipo de arte muestran que esta disminución ha ocurrido únicamente en la pesca de arrastre, con una reducción del 49% de las capturas, mientras que los cadufos han experimentado un aumento del 0.6%.

El total de capturas de *O. vulgaris* con cadufos en la Comunidad Valenciana, durante el período 2009-2018, han sido 3700 toneladas, de las cuales Castellón ha aportado un 36.55% (1353 tm), Alicante 37.13% (1375 tm) y Valencia 26.31% (974 tm).

El total de capturas de *O. vulgaris* con arrastre en la Comunidad Valenciana, durante los años 2009-2018, han sido 7300 toneladas, de las cuales Castellón ha aportado un 46% (2545 Tm), Alicante 46% (2513 Tm) y Valencia 8% (435 Tm).

En ambos casos en Alicante se ha capturado más pulpo durante el periodo 2009-2011 y 2017-2018, mientras que en Castellón durante el período 2012-2016.

Tanto en la Comunidad Valenciana, como en Alicante y Castellón la pesca de arrastre es la que mayores capturas ha registrado durante el periodo de estudio (65% de las capturas fueron de arrastre). En cambio, en la provincia de Valencia, se puede advertir que las mayores capturas de pulpo corresponden a la pesca con cadufos (69% de las capturas).

La tendencia general que se observa es un aumento hasta alcanzar el máximo en 2011 para continuar con un descenso acusado hasta 2016, excepto en Castellón donde las capturas máximas con cadufos ocurrieron en 2013.

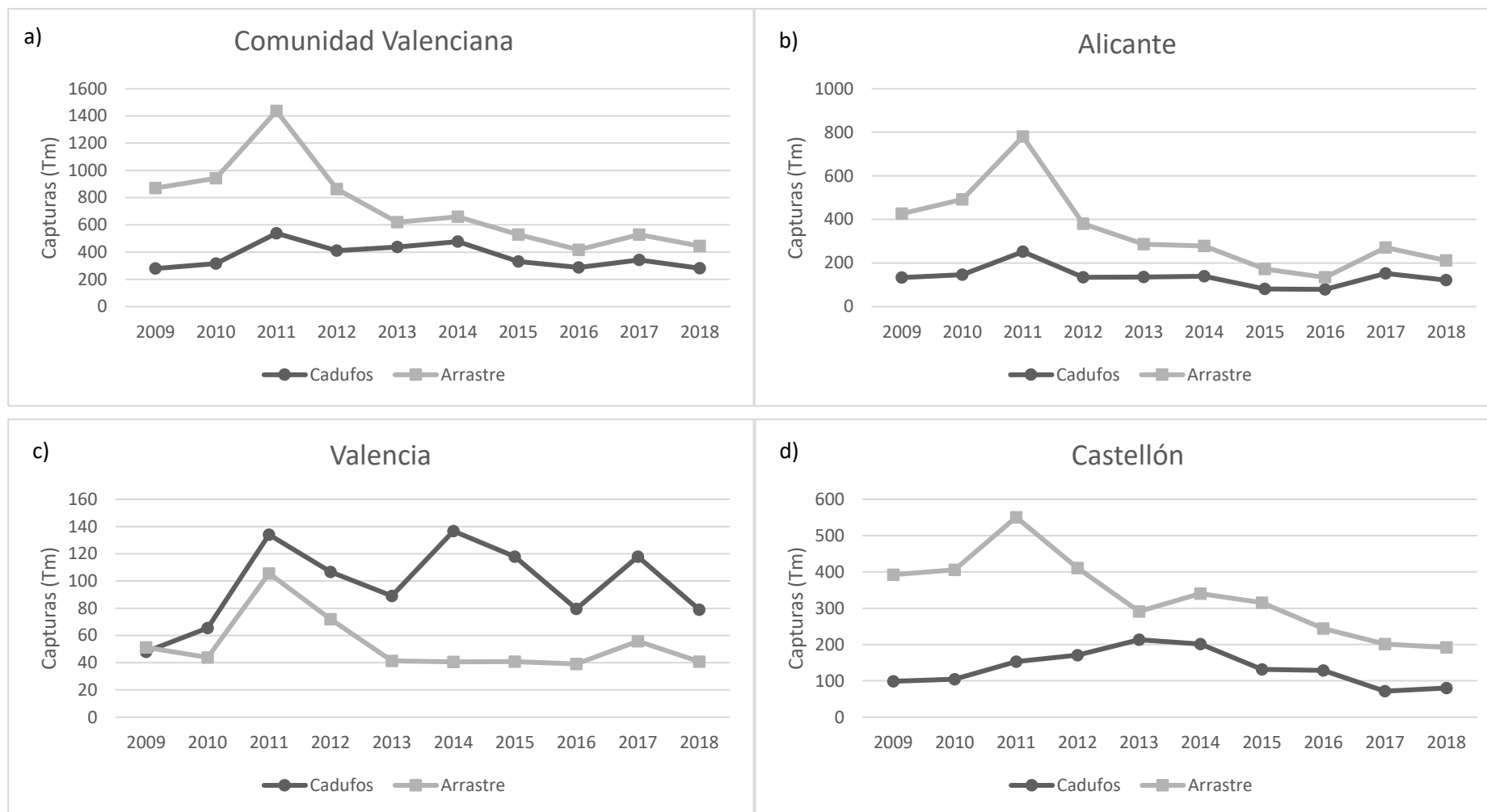


Figura 13: Capturas anuales de *O. vulgaris* con cadufos y arrastre en (a) la Comunidad Valenciana y sus distintas provincias (b, c y d) durante los años 2009-2018.

3.1.1.2. Capturas mensuales

En la figura 14 se muestran las capturas mensuales acumuladas de *O. vulgaris* desde 2011 a 2018, según los distintos tipos de arte que capturan esta especie.

En Valencia y Alicante las capturas máximas con cadufos se sitúan en junio, mientras que en Castellón es en noviembre. Las capturas máximas de pulpo con arrastre ocurren en septiembre en la provincia de Castellón, en mayo en Valencia y en marzo en Alicante. Las capturas máximas de pulpo con arrastre se producen meses antes que las máximas con cadufos.

La tendencia general en Alicante y Valencia es muy similar, mientras que Castellón es considerablemente distinta. En el norte de la Comunidad Valenciana, se producen mayores capturas en otoño, mientras que en el centro y sur las máximas capturas ocurren en primavera-verano.

A su vez, en la provincia de Castellón se han desagregado las capturas mensuales de pulpo capturado con cadufos en dos periodos, correspondientes a las distintas épocas de veda que se han producido en esta provincia. En la figura 15 se muestran dichos datos, notándose que, aunque las épocas de veda hayan variado, el pico máximo de capturas de pulpo en esta provincia se produce en ambos casos en otoño.

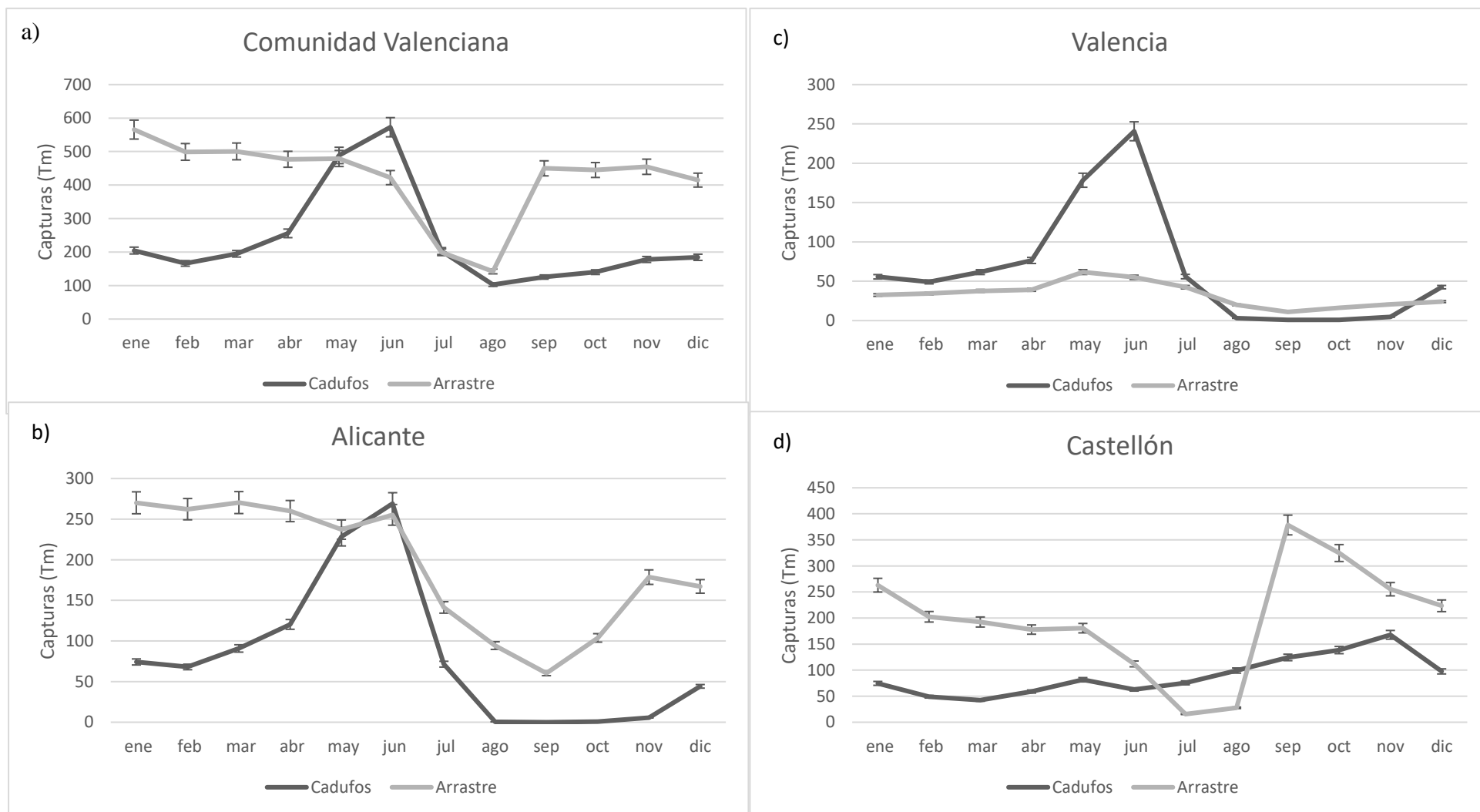


Figura 14: Capturas mensuales acumuladas de *O. vulgaris* con cadufos y arrastre en la Comunidad Valenciana (a) y sus distintas provincias (b, c y d) durante los años 2011-2018.

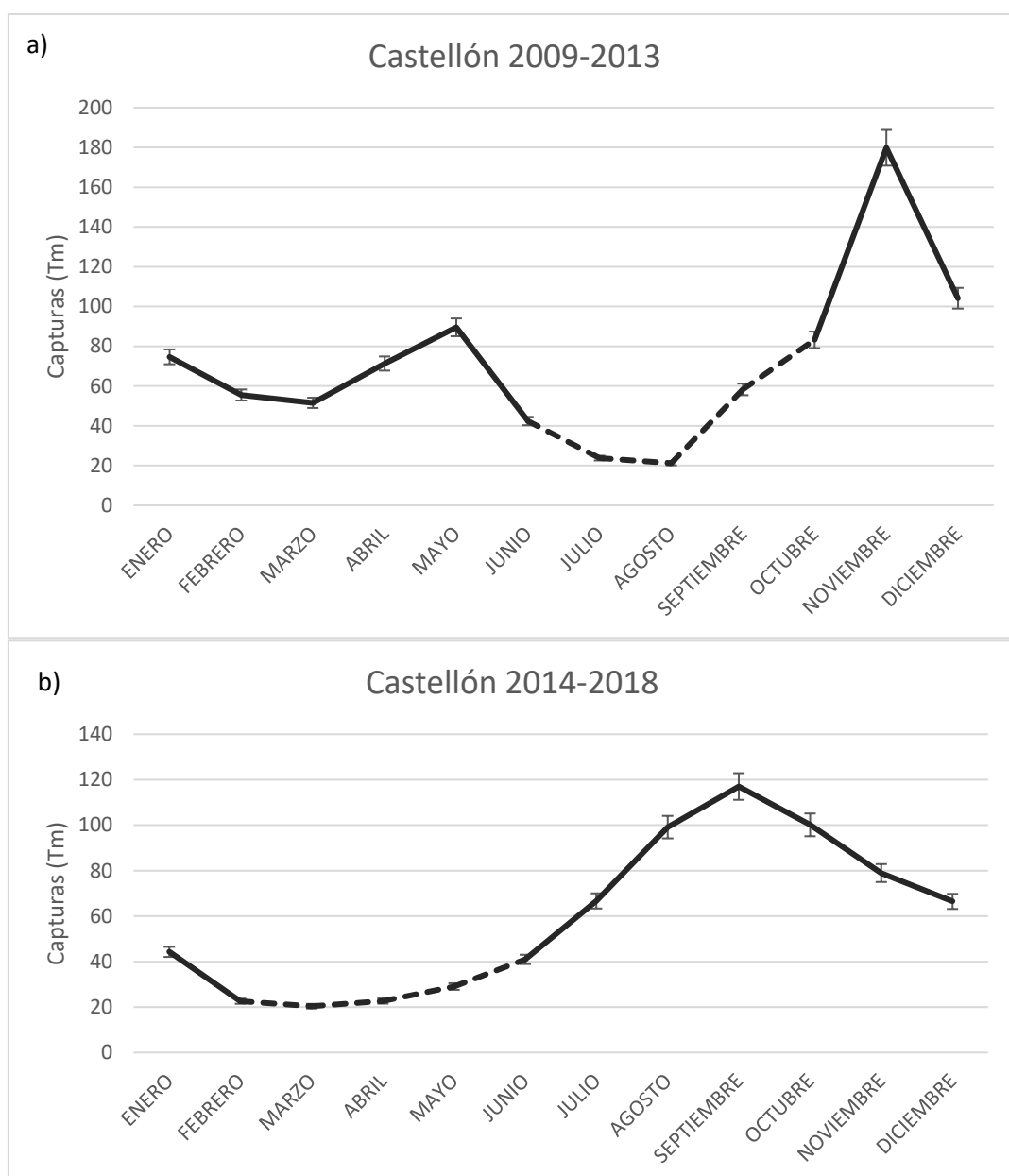


Figura 15: Capturas mensuales acumuladas de *O. vulgaris* con cadufos en la provincia de Castellón durante a) el periodo 2009-2013 y b) 2014-2018. Las líneas discontinuas marcan las épocas de veda en cada periodo.

3.1.2. *Esfuerzo*

En las siguientes figuras se muestra el esfuerzo pesquero sobre el pulpo, en número de barcos (figura 16) y días de pesca (figura 17), según los distintos artes de pesca.

Las tendencias son similares para ambas variables. La tendencia que sigue el esfuerzo de arrastre es decreciente desde los primeros años de estudio, mientras que los cadufos han sufrido una tendencia ascendente los primeros años hasta llegar al máximo esfuerzo para luego decrecer. Además, cabe destacar que, tanto en número de días como en número de barcos, el esfuerzo ejercido por la flota de arrastre es mayor en las provincias de Alicante y Castellón, mientras que en Valencia es mayor el esfuerzo ejercido por la flota de cadufos, salvo en los años 2009, 2016, 2017 y 2018.

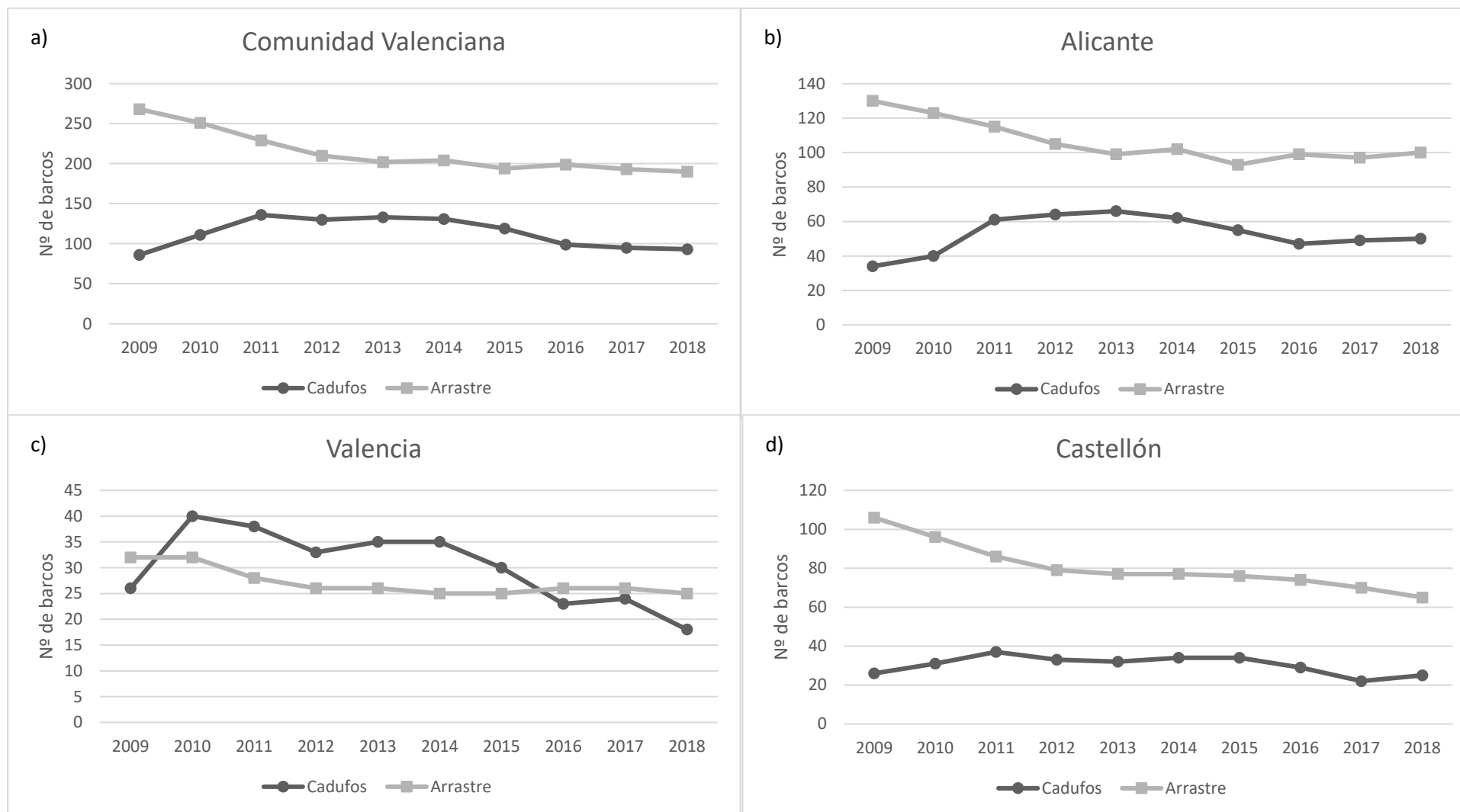


Figura 16: Esfuerzo pesquero, en número de barcos, sobre *O. vulgaris* con cadufos y arrastre en la Comunidad Valenciana (a) y sus distintas provincias (b, c y d) durante los años 2009-2018.

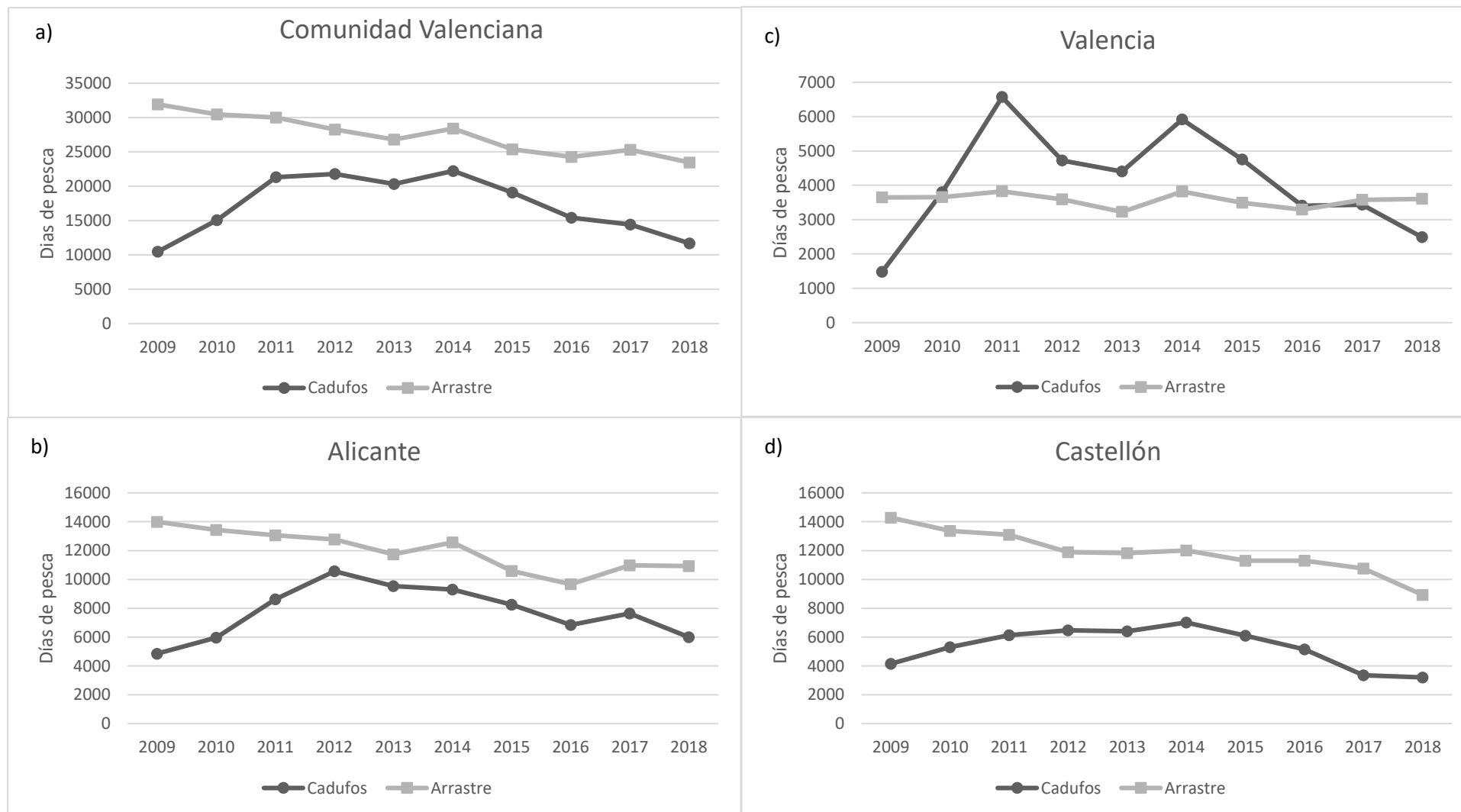


Figura 17: Esfuerzo pesquero, en días de pesca, sobre *O. vulgaris* con cadufos y arrastre en la Comunidad Valenciana (a) y sus distintas provincias (b, c y d) durante los años 2009-2018.

3.1.3. CPUE

En la figura 18 muestra la Captura por Unidad de Esfuerzo, calculada como kg de pulpo/(días * eslora) según los distintos artes de pesca de pulpo.

La tendencia en todos los casos presenta oscilaciones interanuales, destacando que la CPUE máxima de arrastre se produjo en 2011 en todas las provincias, mientras que la CPUE máxima de cadufos difiere en cada provincia, siendo en 2011 en Alicante, 2014 en Valencia y 2016 en Castellón.

A su vez, la máxima CPUE la obtiene Alicante durante los 3 primeros años, Castellón en los años centrales y Valencia en los últimos años.

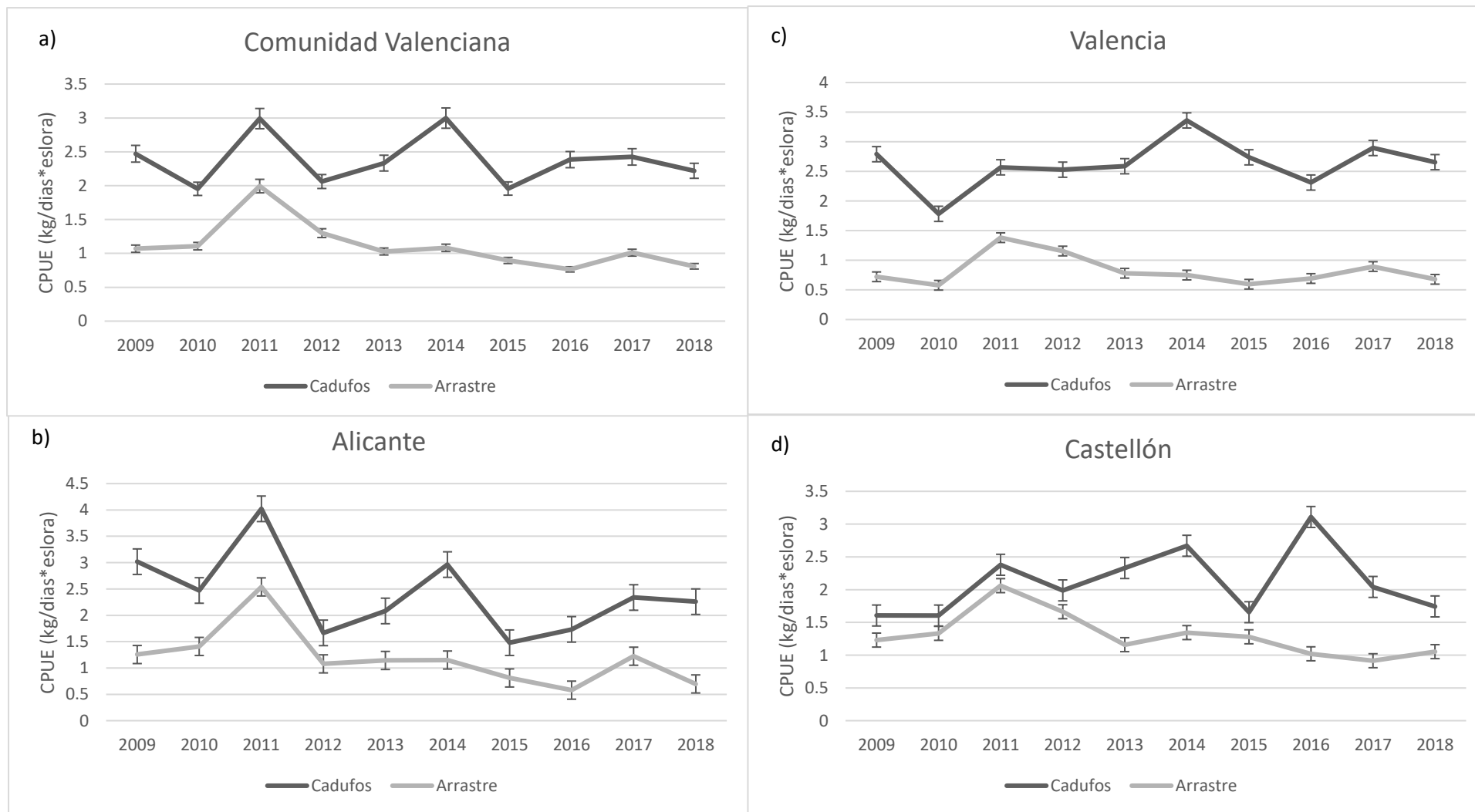


Figura 18: CPUE (kg/días*eslora) de *O. vulgaris* con cadufos y arrastre en la Comunidad Valenciana (a) y sus distintas provincias (b, c y d) durante los años 2009-2018.

3.1.4. Valor económico

En la figura 19 se presenta el promedio del precio por kg anual y mensual de la Comunidad Valenciana.

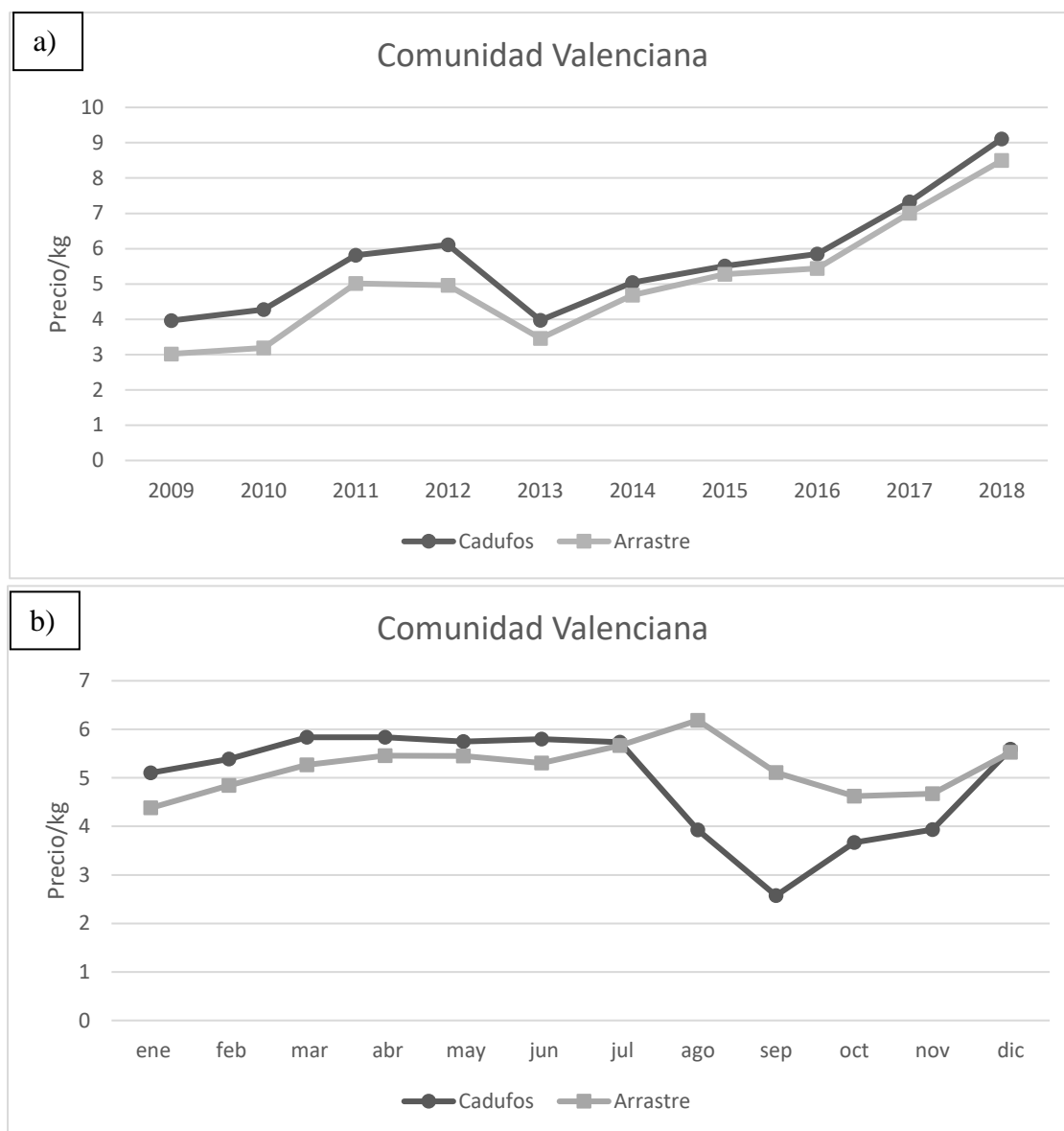


Figura 19: Precio por kg anual (a) y mensual (b) en la Comunidad Valenciana según las distintas modalidades de pesca.

La tendencia que describen los precios anuales para las dos modalidades de pesca es la misma, experimentando un aumento hasta 2012, una caída brusca en el año 2013 y de nuevo un aumento progresivo hasta el 2018 donde se alcanza el precio más alto.

El pulpo capturado con cadufos en la Comunidad Valencia, en el periodo 2009-2018, alcanzó precios en primera venta que oscilaron entre los 3.9 y los 9.1 euros/kg, con un promedio de 6.1 €/kg.

El pulpo capturado por la modalidad de arrastre alcanzó precios en primera venta, que oscilaron de los 3 a los 8.5 euros el kg, con un promedio 1€ inferior al de la pesca con cadufos, 5.1 €/kg.

A su vez, cabe mencionar que el precio del pulpo en primera venta, durante el período 2009-2018, ha aumentado un 130% en la pesca con cadufos y un 181% en la pesca de arrastre, por lo que con los años la diferencia cada vez es menor.

En cuanto al precio por kg mensual, podemos observar que para la flota de arrastre sigue una tendencia ascendente hasta el pico máximo en agosto a partir del cual decrece, mientras que para la flota de cadufos el precio por kg aumenta hasta marzo y se mantiene estable hasta julio, a partir de ahí decrece hasta septiembre que vuelve a aumentar. Nótese que los descensos en el precio coinciden con las épocas de veda que sufre cada modalidad en las provincias de Alicante y Valencia.

A su vez en las épocas en las que es temporada de pesca para ambas modalidades a la vez, el precio por kg de los pulpos capturados con cadufos es superior al capturado con arrastre.

3.2. Índice de biomasa de la campaña MEDITS

Mientras que los primeros años, tanto el índice de biomasa como la CPUE de arrastre se mantienen bastante estables, la CPUE de cadufos sufre mayor variabilidad interanual. Sin embargo, los últimos años ambos indicadores siguen la misma tendencia (figura 20).

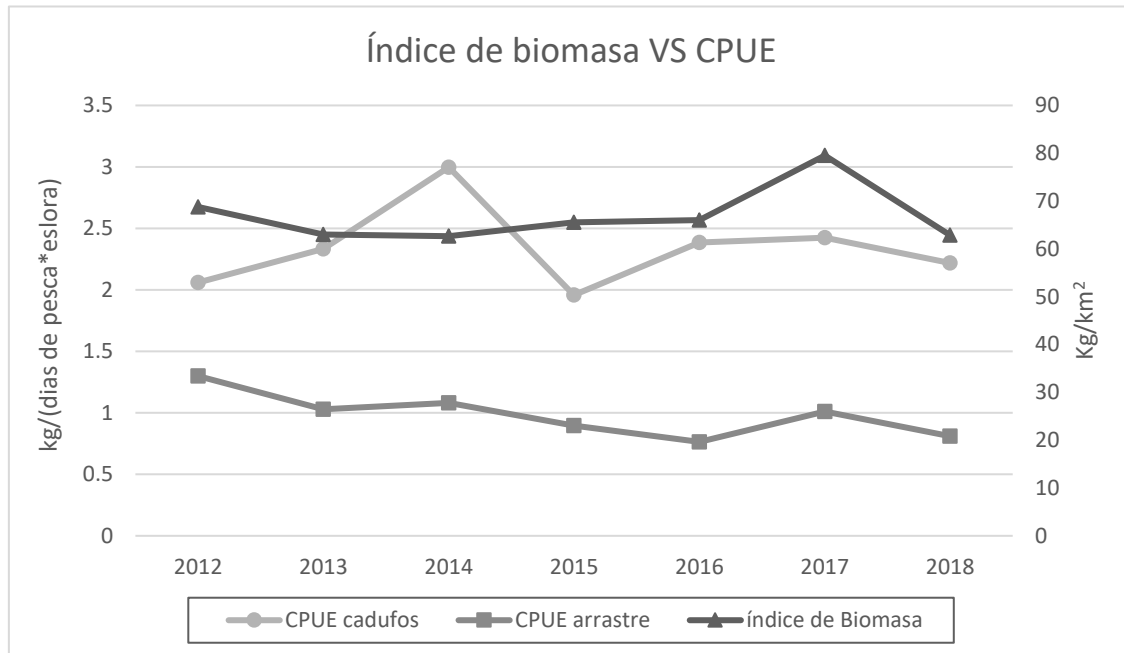


Figura 20: Comparación del índice de biomasa de pulpo de la MEDITS (cuadrados) con la CPUE de cadufos (círculos) y arrastre (triángulos).

3.3. Parámetros biológicos del pulpo

3.3.1. Proporción de sexos

Desde enero hasta mayo de 2019 se han muestreado 650 machos y 631 hembras de *O. vulgaris* procedentes de pesca con cadufos. La proporción de sexos en las capturas con cadufos fue 1:1 durante el periodo de estudio (proporción de hembras:machos=1:1.03, $X^2=0.28$, $p=0.595$). El estudio de la proporción de sexos por mes ha mostrado diferencias significativas entre los sexos en enero (proporción: 1:1.96, $X^2=8.45$, $p=0.0036$), febrero (proporción: 1:1.91, $X^2=13.164$, $p=0.00028$) y mayo (proporción: 1:0.82, $X^2=4.573$, $p=0.0325$). Se puede observar una tendencia de mayor abundancia de machos los primeros meses del año y mayor abundancia de hembras durante los meses finales de la temporada de pesca (figura 21).

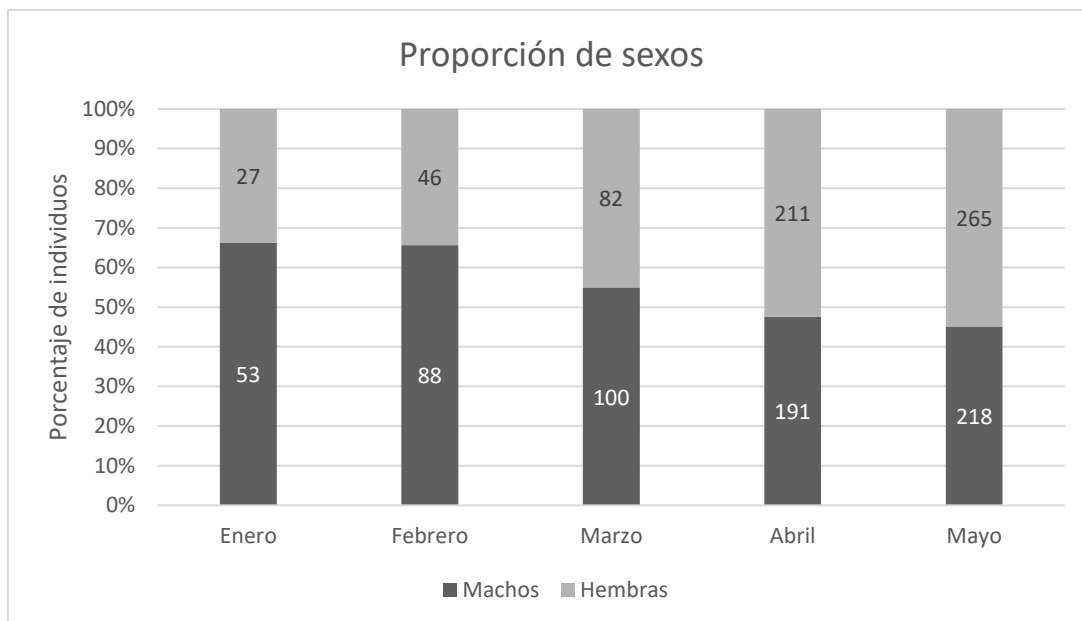


Figura 21: Proporción de sexos en las capturas de pulpo pescado con cadufos a lo largo de los distintos meses del período de estudio.

3.3.2. *Peso de los individuos*

El peso total de la captura muestreada durante el período de estudio fue 2745 kg de pulpo, de los cuales 1328 kg fueron machos y 1146 kg hembras, distribuidos a lo largo de los meses según la figura 22.

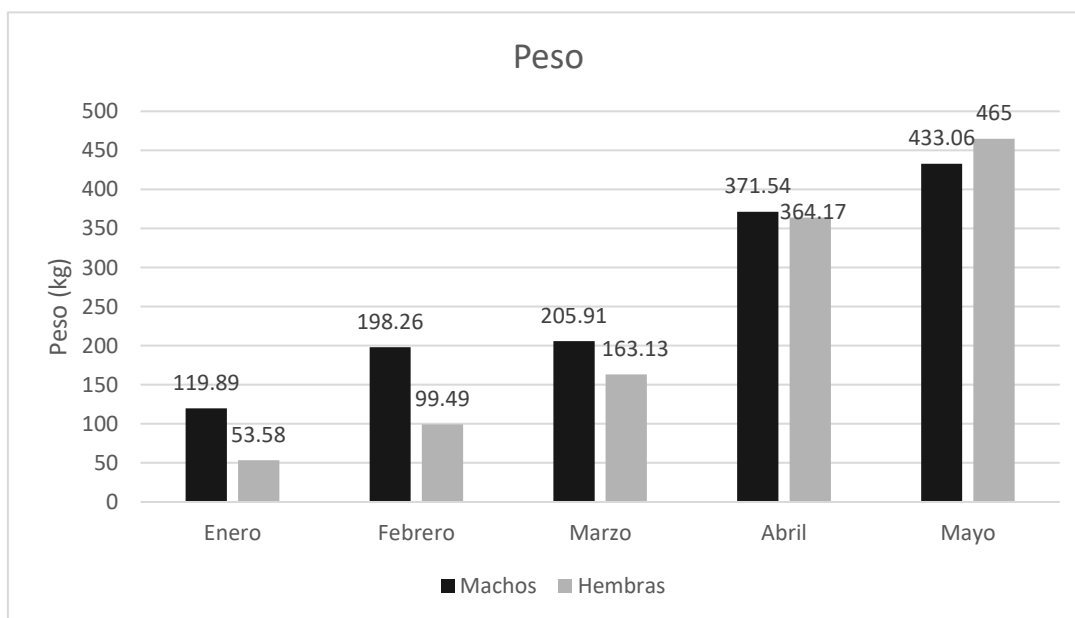


Figura 22: Resumen de las capturas muestreadas de pulpo con cadufos, en kg, por mes y sexo.

Referente al peso de los individuos de pulpo muestreado se encontraron valores mayores en los individuos machos, en las zonas con poca profundidad y en invierno, por lo que se

observa una tendencia a disminuir el peso a lo largo del año y a medida que aumenta la profundidad. En el ANOVA de la variable peso con tres factores, la doble interacción entre la Estación y la Profundidad fue significativa (Tabla 5) indicando por tanto una relación entre la estación del año y la profundidad. Los resultados del SNK mostraron un peso significativamente mayor en las zonas someras durante el invierno (Figura 23).

Tabla 5: Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) con 3 factores (E:Estación, P:Profundidad, S:Sexo), para la variable Peso de pulpos capturados con cadufos. g. l.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F: F real. P: nivel de significación (*=P<0.05; **=P<0.01; *=P<0.001); ∅ indica que no existe homogeneidad en la varianza, siendo el nivel de significación: *=P<0.01; **=P<0.001.**

Fuentes de variación	Peso				
	g.l.	C. M.	F	P	F versus
E	1	3973330248	5.639	0.018*	Residual
P	1	19489903361	27.659	0***	Residual
S	1	6128421285	8.697	0.003**	Residual
E*P	1	4937547229	7.007	0.008**	Residual
E*S	1	69924587	0.099	0.753	Residual
P*S	1	1522202889	2.16	0.142	Residual
E*P*S	1	183264682	0.26	0.61	Residual
Residual	416	704656536			
Transformación		-			

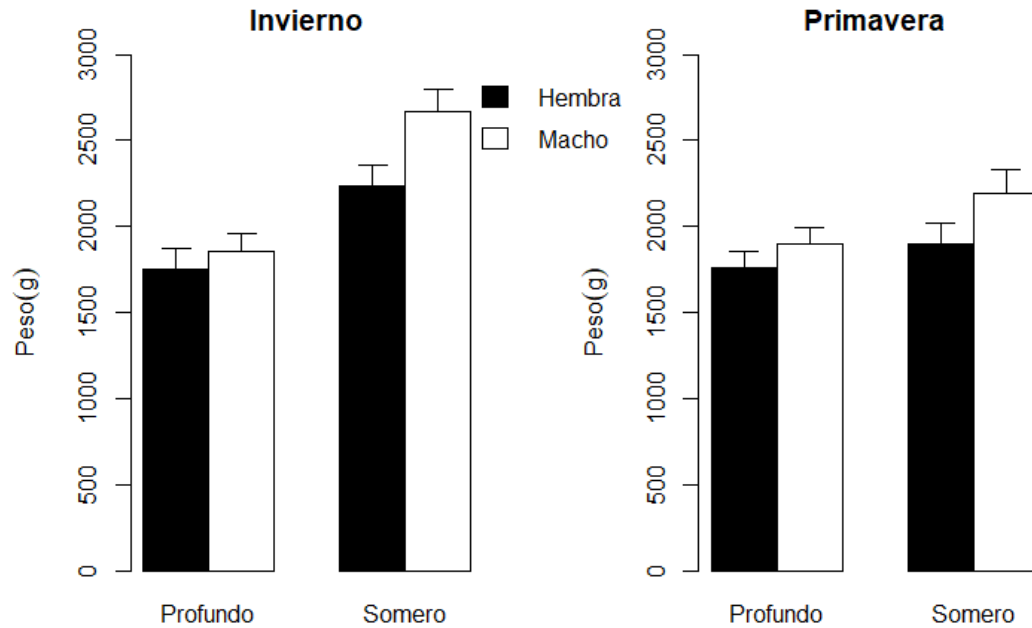


Figura 23: Peso en gramos de los individuos de pulpo capturados con cadufos en función de las estaciones del año, las distintas profundidades y el sexo.

3.3.3. Frecuencia de estados de madurez

Durante el período de estudio se han capturado un total de 261 hembras inmaduras, 233 en maduración y 137 maduras, así como 0 machos inmaduros, 29 en maduración y 621 maduros (Tabla 6). La mayoría de los machos capturados estaban maduros (95.5%), mientras que la mayoría de las hembras capturadas eran inmaduras (41%), siendo las hembras maduras las de menor proporción (21%). El test X^2 para la frecuencia de la madurez en hembras resultó significativo en abril ($X^2=51.308$, $p=0.000$) y mayo ($X^2=34.106$, $p=0.000$), donde se capturaron más hembras inmaduras y en maduración respectivamente. Las tendencias en enero, febrero y marzo para las hembras es que hay más inmaduras, maduras e inmaduras respectivamente, por lo que no se aprecia ningún patrón en función de los meses. El test X^2 para la frecuencia de la madurez en machos resultó significativo en todos los meses ($X^2=1133.8$, $p=0.00$), capturándose más machos maduros al avanzar los meses (Figura 24).

Tabla 6: Relación del número de individuos capturados en los diferentes estados de madurez según meses.

	Hembras			Machos		
Mes/Madurez	I	II	III	I	II	III
Enero	11	7	9	0	11	42
Febrero	10	14	22	0	11	77
Marzo	30	25	27	0	4	96
Abril	116	63	32	0	1	190
Mayo	94	124	47	0	2	216
Total	261	233	137	0	29	621

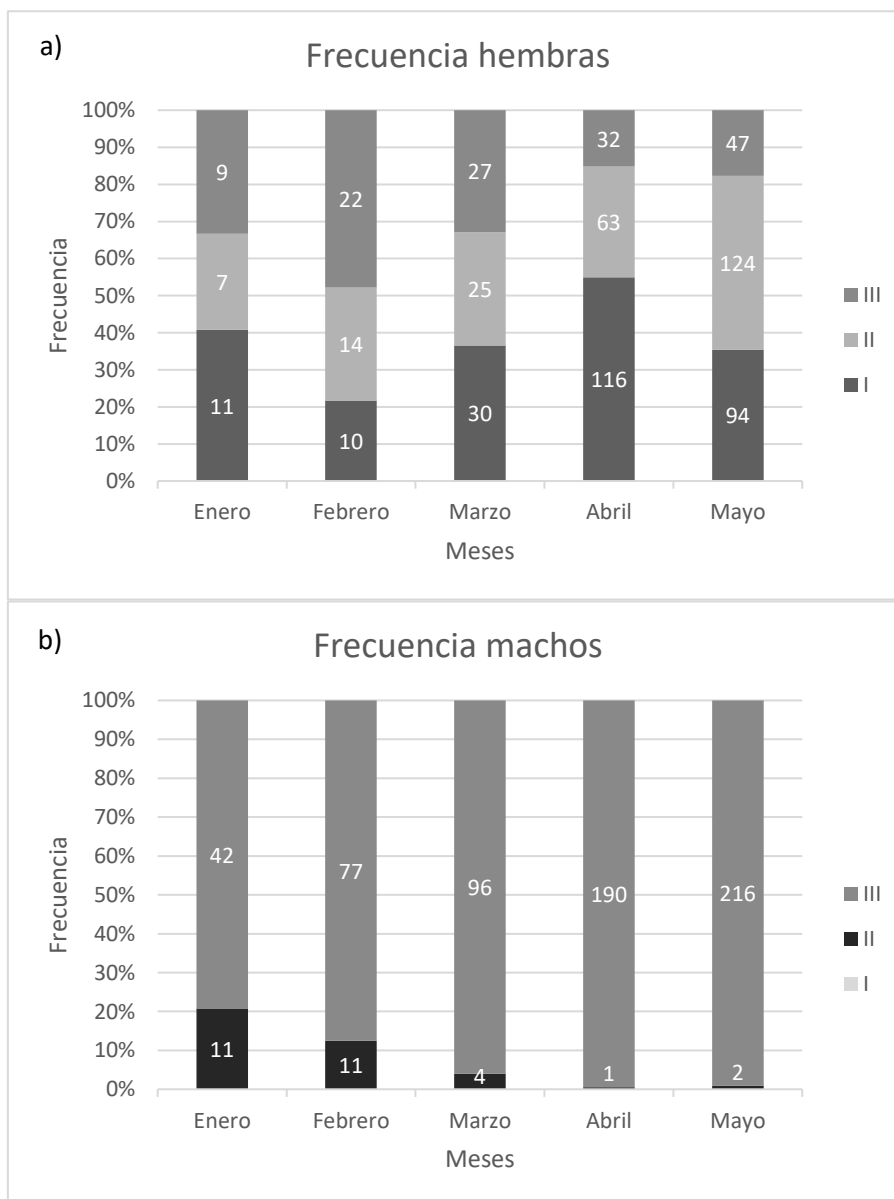


Figura 24: Evolución temporal de la frecuencia de estados de madurez en pulpo capturados con cadufos a) hembras y b) machos. I) inmaduros, II) en maduración, III) maduros.

3.3.4. CPUE

El ANOVA para comprobar diferencias en la CPUE en función de los meses resultó significativo (Tabla 7), siendo la CPUE mayor en enero, abril y mayo que en febrero y marzo, según el test Tukey (Figura 25).

Tabla 7: Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) con 1 factor (M:Mes), para la variable CPUE. g. l.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F: F real. P: nivel de significación (*=P<0.05; **=P<0.01; *=P<0.001); ω indica que no existe homogeneidad en la varianza, siendo el nivel de significación: *=P<0.01; **=P<0.001.**

Fuentes de variación	CPUE			
	g.l.	C. M.	F	P
M	4	1.817	8.78	0.00***
Residual	29	0.207		
Transform.	Ln(x+1)			

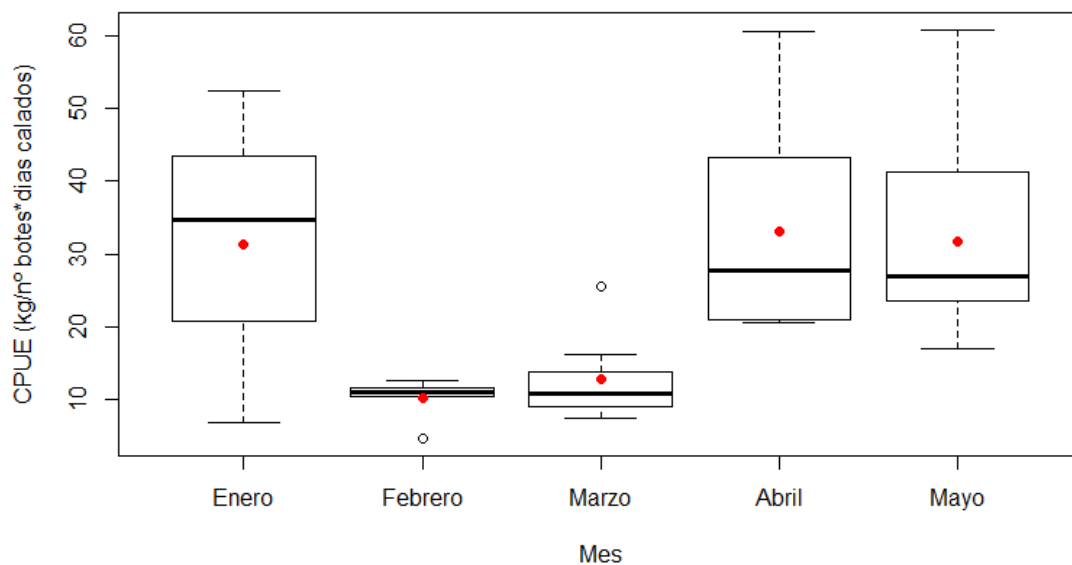


Figura 25: CPUE (kg/nº botes*días) de pulpo capturado con cadufos en los distintos meses.

3.3.5. L50 y P50

La hembra madura más pequeña se capturó en mayo, tenía un tamaño de 105 mm de LDM y pesaba 1060 g, mientras que el macho maduro más pequeño se capturó en enero, medía 100 mm de LDM y pesaba 860 g. La talla de primera madurez (L50) para ambos sexos combinados fue de 108.7 mm de LDM ($p=0.00$, $a=-8.902$, $b=0.082$) (Figura 26a). La talla de primera madurez para los machos reflejó un resultado negativo, pues no se han encontrado machos inmaduros, mientras que para las hembras fue de 123.1 mm de

LDM ($p=0.000$, $a=-13.517$, $b=0.110$) (Figura 26b). El peso de primera madurez (P50) para ambos sexos combinados fue de 1.054 kg ($p=0.000$, $a=-2.598$, $b=0.002$) (Figura 27a). El peso de primera madurez para los machos también obtuvo un resultado negativo, mientras que para las hembras fue de 1.509 kg ($p=0.000$, $a=-4.768$, $b=0.003$) (Figura 27b).

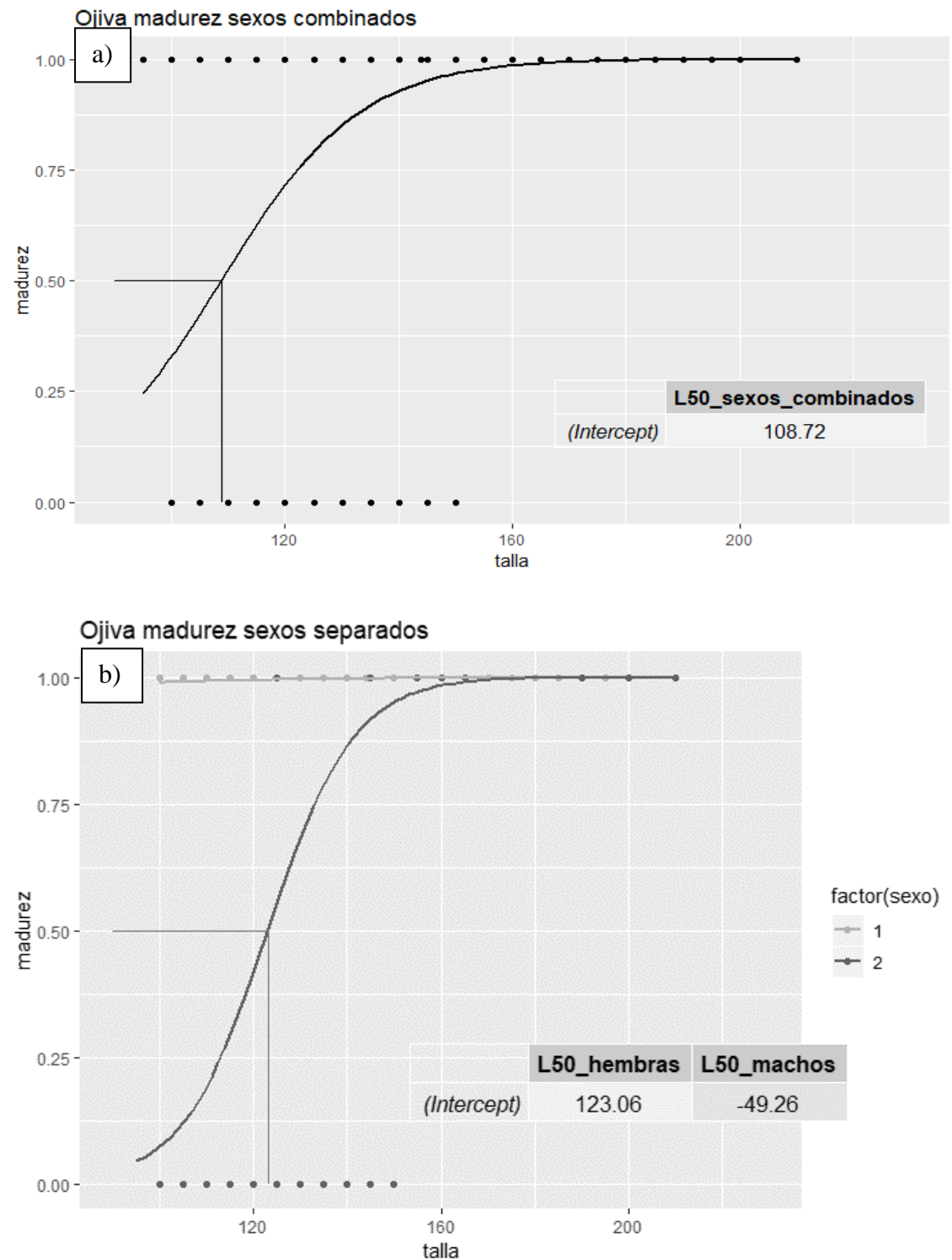


Figura 26: Ojiva de madurez correspondiente a la LDM (mm) de pulpo para a) ambos sexos combinados y b) sexos separados, machos (1) y hembras (2).

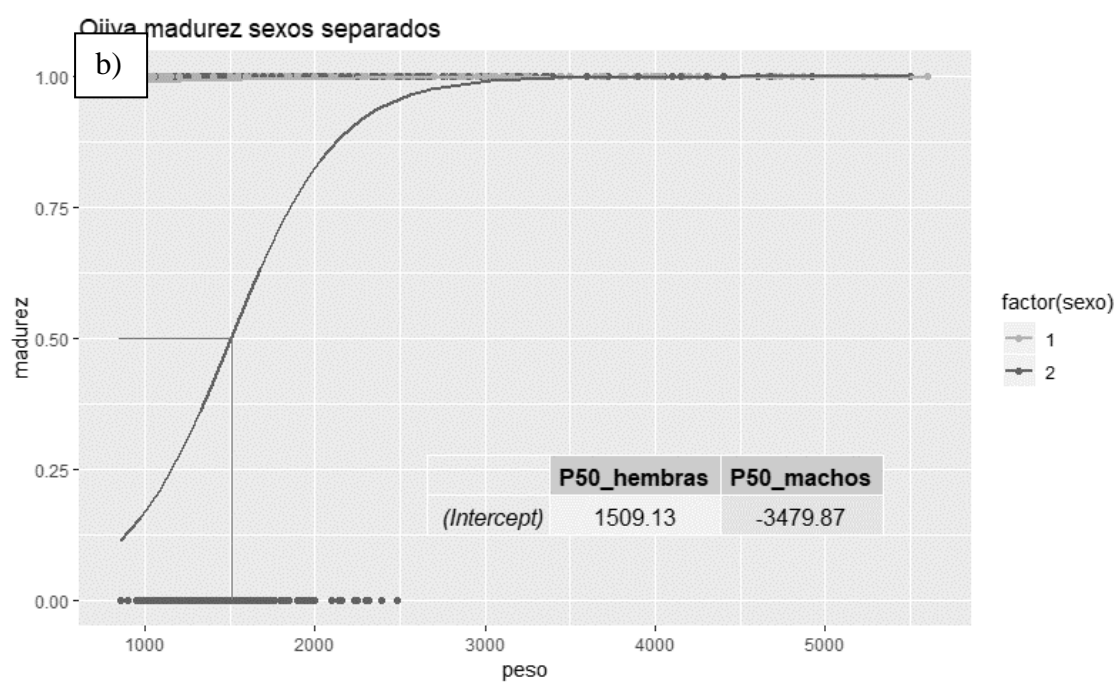
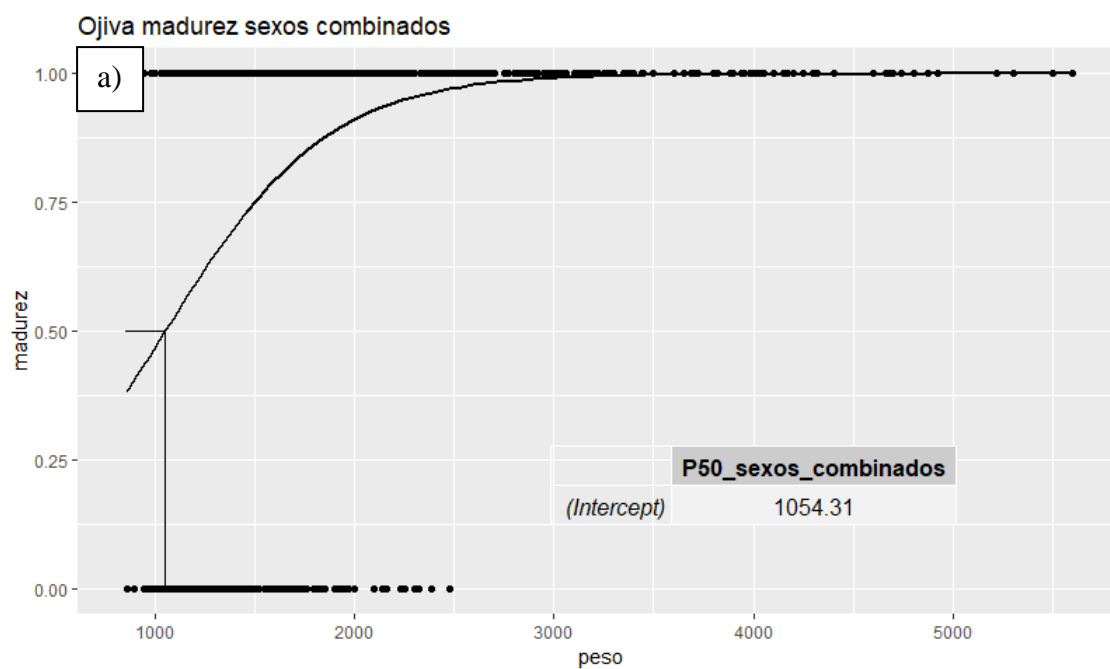


Figura 27: Ojiva de madurez correspondiente al peso (g) de pulpo para a) ambos sexos combinados y b) sexos separados, machos (1) y hembras (2).

3.4. Análisis de la gestión de la pesquería

3.4.1. Evolución de la normativa en la Comunidad Valenciana

La primera normativa específica para la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana data de 1997 (Decreto 263/1997, de 14 de octubre, del Gobierno Valenciano, por el que se regula la pesca artesanal del pulpo) y la última analizada en este trabajo es de 2018 (Decreto 48/2018, de 20 de abril, del Consell, por el que se modifica el Decreto 59/2017, de ordenación de la pesca artesanal del pulpo).

La actual normativa está más completa que la primera de 1997 aunque de esta se han mantenido como base 3 artículos. El primero: el cadufo (o alcatruz) se mantiene como arte de pesca del pulpo específico y tradicional, mediante su calado. El segundo: sólo las embarcaciones del Registro Oficial de Buques (con puerto base en la Comunidad Valenciana) que estén incluidas en la modalidad de artes menores tendrán permitido calar estos artes. El tercero: la señalización de la línea madre de los cadufos (tanto al inicio como al final) se hará por boyas que indiquen el nombre de la embarcación y su matrícula. Además, de que la talla mínima del pulpo se mantiene en todo el país, que es de 1 kg, el material o materiales con los que se hagan los cadufos no puede ser ni metálicos, ni corrosivos y ni contaminantes.

Pese a que se mantengan algunos aspectos de la normativa, otros han cambiado tal y como se presenta en la tabla 8.

Tabla 8: Resumen de la evolución de las normativas para la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana, a excepción de las épocas de veda.

Artículo/Decreto	1997	2008	2017	2018
Arte de pesca	Cadufo	Cadufo	Cadufo	Cadufo
Embarcaciones permitidas para ejercer	Lista 3ª del registro oficial de buques	Lista 3ª del registro oficial de buques	Lista 3ª del registro oficial de buques con autorización	Lista 3ª del registro oficial de buques con autorización
Número máximo de recipientes	800 por embarcación	800 por tripulante. Máximo 1600 por embarcación	800 por tripulante. Máximo 1600 por embarcación	1 tripulante = 800 2 tripulantes = 1600 3 o más = 2000
Horario	10:00h del sábado a 10:00h del domingo	10:00h del sábado a 10:00h del domingo	Lunes a viernes de 6:00h a 15:00h	Lunes a viernes de 6:00h a 15:00h. Se permiten otros horarios comunicándolo
Zona permitida	-	Provincia marítima de la embarcación	Provincia marítima de la embarcación. Se podrá sobrepasar previo acuerdo entre cofradías	Provincia marítima de la embarcación. Se podrá sobrepasar previo acuerdo entre cofradías
Simultanear	-	No permitido	No permitido	No permitido excepto con planes de gestión (800 botes si hay 1 tripulante, 900 botes si hay 2 o más)
Longitud de las líneas	-	-	4 líneas de 2000m cada una	1 tripulante = 10000m 2 tripulantes = 20000m 3 o más = 25000m
Calado de los cadufos	-	-	En fondos inferiores a 50m o donde no esté autorizada la pesca de arrastre (Castellón)	En fondos inferiores a 50m o donde no esté autorizada la pesca de arrastre (Castellón)
Identificación y geolocalización	-	-	Geolocalización con app (no desarrollado)	Ubicación en la cofradía o AIS
Límite de capturas	-	-	500 kg semanales por embarcación	18000 kg anuales por embarcación
Peso mínimo del pulpo	-	-	1 kg	1 kg

Lo que más ha variado con el tiempo en la normativa que regula la pesca de pulpo con cadufos, ha sido la época de veda, variando según las distintas provincias de la Comunidad Valenciana (Figura 28). La primera vez que se cambió fue a petición de los pescadores en 2008 para ser efectiva en 2009 (Decreto 195/2008, de 5 de diciembre, del Consell, por el que se modifica el Decreto 263/1997, de 14 de octubre, del Consell, por el que se regula la pesca artesanal del pulpo). Sin embargo, el cambio se observó a partir de 2014 en la provincia de Castellón.

Con la nueva normativa se han completado algunos aspectos, como la implantación de sistemas de identificación y geolocalización, la modificación del material de los cadufos, establecer un máximo semanal de capturas, la generación de planes de gestión de la pesca artesanal del pulpo y una comisión para estudiarlos, así como la prohibición de simultanear con otros artes.

	Castellón				Valencia				Alicante			
Mes/Plan	1997	2009	2014	2018	1997	2009	2014	2018	1997	2009	2014	2018
Enero												
Febrero												
Marzo												
Abril												
Mayo												
Junio												
Julio												
Agosto												
Septiembre												
Octubre												
Noviembre												
Diciembre												

Figura 28: Evolución de las épocas de veda en las normativas que regulan la pesca de pulpo con cadufos en las distintas provincias de la Comunidad Valenciana.

3.4.2. Opinión de los pescadores

Durante las reuniones con los pescadores se trataron los artículos más relevantes del borrador del decreto que finalmente sería publicado como Decreto 48/2018, de 20 de abril, de ordenación de la pesca artesanal del pulpo, que es la legislación actualmente vigente para la pesca de pulpo con cadufos. En la tabla 9 se presenta un resumen del lugar de las reuniones, los participantes y las principales propuestas que se obtuvieron.

Tabla 9: Resumen de las reuniones realizadas.

Lugar	Participantes	Principales propuestas
Jávea	<ul style="list-style-type: none"> - Pescadores de Jávea y Dénia 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar veda reduciendo los meses de pesca a 3 o 4 (marzo o abril a junio) - Simultanear - Modificar nº de botes: 1000 si hay 2 tripulantes, 1200 si hay 3 o más
Valencia	<ul style="list-style-type: none"> - Representante de artes menores - Patrón provincial 	<ul style="list-style-type: none"> - Simultanear - Modificar horario de L-V de 05:00-14:00 h
Calpe	<ul style="list-style-type: none"> - Pescadores de Moraira, Altea, Villajoyosa, Calpe y Benidorm 	<ul style="list-style-type: none"> - Modificar horario de L-V de 05:00-14:00 h - Simultanear con menor nº de botes: 700 para 1 tripulante, 1000 si hay 2, 1300 si hay 3 o más - Calar botes donde no esté autorizado el arrastre y a más de 50 m de profundidad cuando haya paro biológico del arrastre
Benicarló	<ul style="list-style-type: none"> - Pescadores de Castellón, Benicarló, Vinaroz y Burriana 	<ul style="list-style-type: none"> - No simultanear - Establecer veda temporal (febrero y marzo) y espacio-temporal (de costa a 1.5 millas de mayo-septiembre) - Horario flexible con incorporación de AIS - Modificar nº de botes y relingas: 800 por tripulante hasta máximo 2400 por embarcación. Máximo 500 por embarcación desde la costa hasta 1.5 millas. Máximo 30000 m de relinga por embarcación
Peñíscola	<ul style="list-style-type: none"> - Pescadores de Benicarló, Peñíscola y Vinaroz 	<ul style="list-style-type: none"> - Simultanear - Establecer veda temporal (abril-junio) y espacio-temporal (de costa a 1.5 millas de julio-octubre) - Horario flexible con incorporación de AIS
Santa Pola	<ul style="list-style-type: none"> - Representante de artes menores de la Federación Provincial 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar veda (15 mayo-15 diciembre)

En la provincia de Castellón los pescadores están divididos en dos grandes grupos, los que quieren que no haya simultaneo y los que sí. Estos dos grupos están representados en los mismos puertos, particularmente en Benicarló y Vinaroz donde existen partidarios de ambos grupos. Ante las discrepancias entre ambos grupos, en la Federación Provincial de Castellón se discutió y se aprobó, por amplia mayoría, la propuesta de no permitir el simultaneo.

A modo de resumen, podemos observar que las mayores preocupaciones de los pescadores de pulpo con cadufos son:

- Horarios: prefieren trabajar con menos horas de sol e incluso llevar AIS para facilitar el control de la actividad y no tener horario establecido.
- Vedas: proponen ajustarlas a cada lugar particular, pues parece que el pulpo se comporta de distinta manera, sobre todo entre el norte y sur de la Comunidad Valenciana. Un caso especial es el de Dénia-Jávea que plantean reducir la temporada de pesca a los meses de mayor rendimiento, mientras que el resto de puertos de la provincia de Alicante plantean mantener la temporada de pesca lo más extensa posible aunque se adelante algo el cierre.
- Número de botes permitidos: que se mejore la proporcionalidad en función del número de tripulantes y, en caso de proponer simultaneidad, disminuir el número de cadufos, siempre manteniendo la proporción con el número de tripulantes.
- Simultaneidad: la gran mayoría apoyan esta idea, pues es lo que han hecho históricamente, excepto en Castellón donde existe una flota especializada en capturar pulpo con cadufos que es mayoritaria.
- Longitud de las relingas: si se aumenta el número de cadufos de las embarcaciones con dos o más tripulantes, también se debe aumentar la longitud total de las relingas.
- Interacción con el arrastre: hay lugares concretos, donde los pescadores artesanales y arrastreros entran en conflicto por el espacio para faenar. Esto ocurre en Castellón debido a la derogación de la profundidad mínima de arrastre que permite arrastrar a 3 millas de la costa y menos de 20 metros de profundidad en la que históricamente ha habido pescadores que calaban los cadufos por la tarde para recogerlos de madrugada antes de la salida de los arrastreros. En algunas zonas de la provincia de Alicante la situación es inversa y los arrastreros tienen que faenar como mínimo a 1.5 millas de la costa y más de 50 metros de profundidad por lo que hay una zona no arrastrable de profundidades mayores de 50 metros donde los artesanales solicitan poder calar los cadufos.

3.4.3. Variantes de la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana

A pesar de las generalidades, existen variantes de esta modalidad de pesca en la Comunidad Valenciana.

Hay pescadores que calan todos los botes que les permite la ley justo cuando comienza la temporada de pesca y los revisan dos o tres días por semana. Hay pescadores que se esperan hasta la mitad de la temporada para calar los botes y recogerlos prácticamente todos los días. Y también hay pescadores que aumentan el esfuerzo de pesca progresivamente, es decir, a principio de temporada calan unos pocos botes que recogen una o dos veces por semana, y en función del volumen de capturas calan más botes y recogen más veces por semana, hasta llegar al punto álgido de capturas, cuando calan todos los botes que les permite la ley y recogen todos los días.

Adicionalmente, se han observado distintos comportamientos o preferencias de los pescadores de pulpo con cadufos, que no atiende a zonas ni puertos. Mientras se realizaba el análisis de datos, se observó que aparecían ciertos patrones, que se han clasificado en 5 categorías, atendiendo a cuándo pescan pulpo con cadufos:

- Categoría 0: no pesca pulpo con cadufos.
- Categoría 1: únicamente se dedica a la pesca de pulpo con cadufos (el 90% o más de las capturas totales son pulpo).
- Categoría 2: durante la temporada de la pesca de pulpo con cadufos sólo se dedica a ello, es decir, no alterna.
- Categoría 3: no alterna el mismo día que se dedica a la pesca de pulpo con cadufos, pero si lo hace en distintos días.
- Categoría 4: alterna todos los días, pesca pulpo con cadufos a la vez que otras especies con otros artes.

En la figura 29 se muestra el porcentaje de barcos de cada provincia según las categorías descritas. Excluyendo los que no pescan pulpo con cadufos, en Alicante y Castellón predominan los pescadores que cada día alternan esta modalidad con otros artes, mientras que en Valencia predominan los pescadores que no alternan durante la época de pesca. Por otro lado, en Castellón es donde mayor porcentaje de barcos se dedican exclusivamente a esta pesca, seguido de Valencia y Alicante.

Cabe mencionar que, durante los años analizados, algunos pescadores han variado su comportamiento, pasando de no pescar pulpo los primeros años a dedicarse a pescar pulpo con cadufos durante la temporada y viceversa.

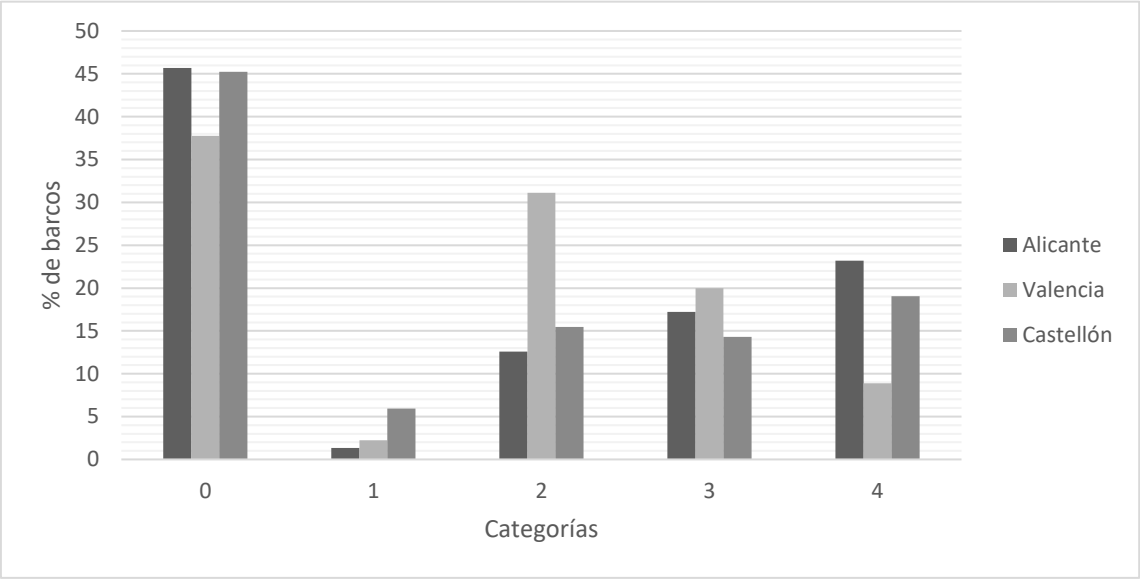


Figura 29: Porcentaje de barcos dedicados a la pesca de pulpo con cadufos de cada provincia según las distintas categorías.

4. Discusión

4.1. La pesquería de pulpo en la CV y su relación con la biología de la especie

Actualmente se desconoce cómo se encuentra la población de *O. vulgaris* en la Comunidad Valenciana y por consiguiente cuál sería el nivel de esfuerzo y de explotación óptimos. Por tanto, como medida de precaución, sería conveniente evitar que el esfuerzo aumente.

El pulpo es un recurso de gran importancia para la flota española, a pesar de que las capturas históricas incluyen capturas de arrastreros gallegos y canarios que pescaban en el Banco Sahariano y solían desembarcar parte de las capturas de pulpos frescos (además de sepias y calamares) en los puertos españoles desde mediados del siglo XX (Fontán, 1967, Bravo de Laguna, 1989, Balguerías *et al.*, 2000). La disminución lenta en los desembarques de pulpos hasta finales de la década de 1980 sugiere que los cefalópodos que se pescaban en el Banco del Sahara ya no se comercializaban en los puertos españoles. No obstante, desde entonces se sigue observando una tendencia decreciente, tanto en el territorio nacional como en el Mediterráneo español, posiblemente debido a la disminución de la población de pulpos.

En el Mediterráneo, *O. vulgaris* es el cefalópodo comercializado más importante, principalmente capturado por la flota de arrastre, pero también con cadufos, redes de trasmallo y otras artes de pesca (Tsangridis *et al.*, 2002). La mayoría de las capturas de pulpo se deben a la flota arrastrera, aunque desde hace años la flota artesanal también se ha dirigido específicamente a esta especie (Fernández y Esteban, 2003). Las nasas y los cadufos se han utilizado tradicionalmente como arte de pesca dirigido al pulpo a lo largo de la Península Ibérica, con los cadufos predominando en la costa mediterránea (Sánchez y Obarti, 1993) y en el Golfo de Cádiz (Sobrino *et al.*, 2011) mientras que las nasas se han empleado tradicionalmente en Galicia. Sin embargo, aunque la flota arrastrera no capture pulpos de manera específica, normalmente son responsables de una fracción muy importante de los desembarques de esta especie. Nuestros resultados muestran mayores capturas de pulpo por parte de la flota de arrastre en Alicante y Castellón (65%), y mayores capturas de pulpo con cadufos en Valencia (69%), debido al mayor número de embarcaciones artesanales. González *et al.*, (2011) encontraron en Alicante una mayor

proporción de capturas de pulpo por el arrastre, un 90% de las capturas, probablemente debido a una menor extensión de la pesca con cadufos en esa época. Por contra, Pilar-Fonseca *et al.*, (2014) observaron que en aguas portuguesas solo el 10% de las capturas de pulpo se producían por parte de la flota arrastrera.

La caída en las capturas de la Comunidad Valenciana desde 2011 hasta 2018 podría estar relacionada con la disminución del esfuerzo (tanto en número de barcos como en días de pesca) para ambas flotas. Sin embargo, de 2009 a 2011 se produce un incremento en las capturas de ambas flotas, a pesar de que el esfuerzo de la flota arrastrera disminuye. Este hecho, además de la variabilidad en las tendencias de las distintas provincias, incita a pensar que las capturas no son del todo proporcionales al desarrollo de las flotas, si no que, en parte, son debidas a la fluctuación interanual de la población de pulpos. Las capturas de la flota de arrastre, que no se dirige específicamente al pulpo, pueden considerarse un buen estimador de la abundancia de esta especie (Sobrino *et al.*, 2002). La tasa de supervivencia del pulpo durante la fase larval depende de condiciones climáticas que favorezcan la presencia de abundante biomasa de zooplancton para que haya alimentos adecuados para los pulpos recién eclosionados. Esta correlación con los parámetros climáticos explica una gran parte de la variabilidad interanual de la biomasa de esta especie, que afectará al reclutamiento y a las capturas (Boyle y Boletzky, 1996; Sobrino *et al.*, 2002; Boyle y Roadhouse, 2005).

Basándonos en las capturas mensuales, en el norte de la costa levantina, el comportamiento del pulpo parece ser bastante diferente que en el centro y sur. Es sabido que los individuos adultos de esta especie se acercan a la costa para reproducirse durante el período de desove, lo que da lugar a altos volúmenes de capturas (Sobrino *et al.*, 2011). En los desembarques de la flota arrastrera de Castellón se observa un descenso de septiembre a julio, seguido de un aumento exponencial de julio a septiembre, mientras que las capturas con cadufos experimentan un descenso de noviembre a marzo y un incremento continuo de marzo a noviembre. En parte este diferente comportamiento podría deberse a que en Castellón la profundidad mínima de arrastre es inferior a la de otras provincias. De este modo el aumento de capturas del arrastre en verano se podría producir a profundidades que en otras provincias solo son accesibles por la flota artesanal. Sin embargo, parece que el pico máximo de desove en Castellón ocurre en otoño cuando se observa la migración de los adultos a la costa. Tsangridis *et al.*, (2002) observaron, en

las costas catalanas, el mismo patrón de capturas de Castellón, con los picos de máximas capturas por la flota de arrastre en septiembre, mientras que por la flota artesanal las máximas capturas las registraron de septiembre a diciembre. En cambio, en Valencia y Alicante, de enero a junio observamos una estabilización en los desembarques de pulpo de la flota de arrastre y un aumento en los desembarques de pulpo de la pesca con cadufos, lo que indica que el pulpo migra hacia aguas menos profundas (costeras) para el desove. De junio a noviembre notamos una disminución en los desembarcos de ambos tipos de flota. Durante este período, la migración del pulpo continúa hacia las aguas costeras y los individuos reproductores comienzan a morir después de la eclosión de los huevos (hembras) o después del apareamiento (machos) (Mangold y Boletzky, 1973; Mangold, 1983; Quetglas *et al.*, 1998). Un patrón similar encontraron Gonzalez *et al.*, (2011) en Alicante, con una disminución en los desembarques de pulpo por la flota arrastrera y un aumento de la flota artesanal durante los primeros meses del año, seguido de una disminución de los desembarques de mayo a septiembre. Esta tendencia les llevó a concluir que la temporada principal de desove ocurre en primavera-verano (correspondiendo a las mayores capturas de pulpo con cadufos), que a su vez es responsable de la temporada principal de reclutamiento de otoño (correspondiendo a las mayores capturas con arrastre). Además, hay que tener en cuenta, que en el caso de la pesca con cadufos, el descenso de capturas también se produce por el establecimiento del cierre de la pesquería. Este diferente comportamiento en las migraciones entre el norte y el centro sur de la Comunidad Valenciana es relevante ya que puede indicar la existencia de stocks diferentes que deberían gestionarse por separado.

La tendencia de la CPUE es muy similar a la descrita en las capturas anuales, sobre todo para la flota de arrastre. La CPUE de la pesca de pulpo con cadufos sufre una variabilidad interanual mucho más pronunciada.

La captura en sí no indica la biomasa de la población puesto que el proceso de captura es dirigido y depende de la capturabilidad, que a su vez depende de la experiencia y habilidad de los pescadores. Sin embargo, la CPUE calculada con unidades de esfuerzo óptimas sí que puede considerarse un indicador de la biomasa (Guerra y Sánchez, 1998). En nuestro caso se han determinado como medidas de esfuerzo el tiempo de pesca (en días de pesca trabajados) y el poder de pesca con la eslora de los barcos (pues barcos más grandes podrán llevar más tripulantes y a su vez mayor número de cadufos). En una

campaña oceanográfica, como en el caso de la MEDITS, los índices de biomasa son proporcionales a la biomasa de la población, pues cumplen una relación lineal, por lo que no es necesario estandarizar (Soto Ruíz, M., comunicación personal). En la campaña MEDITS se realizan pescas de arrastre, aunque con un arte de dimensiones inferiores al arrastre comercial. De ahí las similitudes en las tendencias del índice de biomasa y la CPUE de arrastre. La CPUE de cadufos sigue un patrón distinto, sobre todo los primeros años de estudio, posiblemente porque ambas flotas explotan diferentes fracciones de la población. La red de arrastre, al no ser muy selectiva, captura pulpos de todos los tamaños, con mayor incidencia en los tamaños pequeños, mientras que los cadufos capturan principalmente pulpos grandes (González *et al.*, 2011). Por tanto, los cambios que se observan en las tendencias de ambos indicadores, CPUE e índice de biomasa de la campaña oceanográfica, pueden considerarse aproximaciones a la biomasa de la población de pulpos en la Comunidad Valenciana. Por otra parte, no se dispone de los datos de número de cadufos calados por embarcación, lo que hace menos fiable la estimación de esfuerzo y, por tanto, de la CPUE, de la flota artesanal.

El principal argumento utilizado para justificar diferencias en la proporción de sexos en los pulpos está relacionado con que las hembras buscan refugio para desovar durante la época de reproducción (Silva *et al.*, 2002) y con la migración hacia la costa con fines reproductivos (Quetglas *et al.*, 1998). Alonso-Fenández *et al.*, (2017) encontraron mayor cantidad de machos en primavera y verano y dedujeron que se debía a que las hembras se refugiaban para desovar y ya no salían para quedarse al cuidado de los huevos. Esta estrategia implica que las hembras no estarán disponibles para la pesquería durante los meses de desove y reproducción. Nuestros resultados contrastan con los de estos autores, pues, aunque en general la proporción sea 1:1 (como los encontrados en las islas Baleares por Quetglas *et al.*, (1998); en Cádiz por Silva *et al.*, (2002); y en Galicia por Otero *et al.*, (2007)), encontramos mayor cantidad de machos en enero y febrero y mayor cantidad de hembras en mayo, justo cuando da comienzo la época reproductiva en la zona (González *et al.*, 2011), probablemente debido a que las hembras pueden encontrar refugio en los cadufos y por consiguiente son capturadas. Sin embargo, Sobrino *et al.*, (2011) encontraron que, aunque las hembras se ocultan en los cadufos, antes del desove se mueven hacia lugares más protegidos, pues estas estructuras son móviles y están a merced de las corrientes, resultando lugares inadecuados para la oxigenación del desove. Además, el levantamiento regular de las líneas de cadufos por parte de los pescadores no deja

tiempo suficiente de adaptación para que las hembras puedan desovar (Kallianotis *et al.*, 2001).

Gonzalez *et al.*, (2011) observaron que, en la pesquería de Alicante, los pulpos aumentan su tamaño durante el invierno y la primavera, y los individuos más grandes desaparecen de los desembarques en agosto, mientras que los juveniles se reclutan a la pesquería, principalmente durante el otoño. Nuestros resultados sugieren que los pulpos con pesos mayores son capturados en invierno, siendo el peso de los machos mayor que el de las hembras y capturándose los individuos más grandes en zonas de poca profundidad. Respecto a este último punto, Quetglas *et al.*, (1998) determinaron que estos patrones son debidos a que los cadufos se utilizan en aguas menos profundas, donde predominan los adultos que migran a la costa para desovar, mientras que los arrastreros trabajan a profundidades superiores a 50 m, donde predominan los pulpos inmaduros y pequeños.

Nuestros resultados indican que se pueden encontrar machos maduros a lo largo del año, al igual que observaron González *et al.*, (2011) en Alicante y Mangold y Boletzky (1973) en el Mediterráneo, por tanto, los machos alcanzan la madurez sexual mucho antes que las hembras (Guerra, 1975) como una estrategia de reproducción en la que los machos pueden transferir los espermatóforos a las hembras antes de que éstas maduren (Mangold, 1983). Por ello, la época de desove se basa en la madurez de las hembras (Fernández-Núñez *et al.*, 1996). En nuestra zona de estudio se observa una tendencia a disminuir el número de hembras inmaduras y aumentar las que están madurando y completamente maduras a partir de abril. A falta de datos en los meses de verano (junio y julio), cuando numerosos autores han encontrado la época de desove en áreas cercanas (González *et al.*, 2011; Mangold-Wirz, 1963; Mangold y Boletzky, 1973; Rodríguez-Rúa *et al.*, 2005), nuestros resultados siguen esa misma tendencia, por lo que podemos suponer que en Alicante la época de desove tiene lugar a partir de mayo.

Bajo los supuestos anteriores, cobra sentido tener en cuenta la talla y peso de primera madurez únicamente de las hembras. Nuestros resultados muestran que, en Alicante, la talla de primera madurez en hembras es de 123.1 mm, y el peso de primera madurez 1500 g. Estos resultados son muy distintos a los encontrados por González *et al.*, (2011) en la misma zona (L50= 143.8 mm y P50=1067 g), probablemente debido a que estos autores han tenido en cuenta datos procedentes tanto de flotas artesanales como de arrastre (con mayor incidencia en datos procedentes de arrastre), mientras que, en nuestro caso,

únicamente de cadufos. Esto significa que, en general ambos resultados están sesgados, pues no han tenido en cuenta todas las fracciones de la población de pulpo con la misma representación en sus estudios. Si bien, nuestros resultados se asemejan más a los obtenidos en otras áreas: 1250 g en el golfo de Cádiz (Rodríguez-Rúa *et al.*, 2005), 1750 g en Portugal (Carvalho y Reis, 2003), 1784 g en Galicia (Otero *et al.*, 2007) y entre 100-1500 g en el Mediterráneo (Mangold, 1983).

4.2. Análisis crítico de la regulación de la pesquería de pulpo en la Comunidad Valenciana

Actualmente se desconoce cómo se encuentra la población de *O. vulgaris* en la Comunidad Valenciana y, por consiguiente, cuál sería el nivel de esfuerzo y de explotación óptimos. Ante esta incertidumbre se deben adoptar medidas que impidan un aumento excesivo del esfuerzo que pueda poner en riesgo el recurso.

El ciclo de vida corto y la estrategia de vida semélpara del pulpo, con un solo período de desove antes de morir, complican su gestión, ya que la abundancia depende en gran medida de la fuerza del reclutamiento (González *et al.*, 2011). Un stock puede ser relativamente abundante un año, y disminuir al año siguiente debido a condiciones ambientales menos favorables y/o a la presión pesquera (Boyle y Rodhouse, 2005).

Como se ha indicado anteriormente, la principal normativa de aplicación en la Comunidad Valenciana es la normativa que regula la pesca de pulpo con cadufos en la Comunidad Valenciana (Decreto 59/2017, de 5 de mayo, del Consell, de ordenación de la pesca artesanal del pulpo y su nueva actualización (Decreto 48/2018, de 20 de abril, del Consell, por el que se modifican los artículos 3, 6, 7 y 9 del Decreto 59/2017)) pero también se han considerado aspectos de la normativa estatal que afectan a la pesca de pulpo, como la talla mínima, la regulación de la profundidad mínima de arrastre o la normativa estatal referida a artes menores.

Los límites de peso mínimo y las vedas estacionales son herramientas de gestión de uso común en las pesquerías de pulpos, lo que sugiere que la regulación directa del esfuerzo de pesca podría ser la más adecuada para estas poblaciones. La ventaja de estas medidas frente a otras como la regulación con TACs y cuotas es que son relativamente fáciles hacer cumplir (Perry *et al.*, 1999) y se ha demostrado que previenen la sobreexplotación

reduciendo la captura y aumentando los rendimientos en algunas pesquerías de pulpo (Jouffre y Caverivière, 2005, Sobrino *et al.*, 2011).

Las épocas de veda permiten regular el esfuerzo a corto plazo reduciendo el número de días de pesca anuales. Sin embargo, en este caso, existen cambios muy importantes en la capturabilidad a lo largo del año por lo que sería más efectivo aplicarlas cuando la capturabilidad es más elevada. Si se aplicara al pulpo en la Comunidad Valenciana esto implicaría ajustar el periodo de veda a los meses de máximas capturas, cuando los pulpos migran a la costa para reproducirse. Sin embargo, esto podría generar un descontento en los pescadores de pulpo con cadufos. No obstante, existen propuestas de diversas zonas de la Comunidad Valenciana en esta línea. En Santa Pola proponen alargar la temporada de pesca a costa de no pescar durante los meses de máxima capturabilidad. Por el contrario, en los puertos de Dénia y Jávea los pescadores de cadufos plantean acortar la temporada de pesca a unos pocos meses, concentrando el esfuerzo cuando se producen las máximas capturas. En ambos casos supondría una reducción del esfuerzo total que se puede aplicar en la actualidad y contribuiría a asegurar la sostenibilidad de la pesquería, por lo que se trata de propuestas que deberían estudiarse e incorporarse a la regulación existente, aunque en otros puertos los pescadores sean menos favorables a reducir la temporada de pesca. Otra alternativa podrían ser vedas espaciales rotativas para ambas flotas, que según Guard y Mgya (2002) han sido efectivas en la gestión de la captura de *Octopus cyanea* por pescadores artesanales en Tanzania, a través de abrir y cerrar diferentes arrecifes en años diferentes. Esto les ha llevado a tasas de captura significativamente más altas, una gama más amplia de clases de tamaño y pulpos de mayor tamaño que en otras dos áreas donde los pescadores artesanales han pescado repetidamente en el mismo arrecife. El control de esta medida en la pesca de pulpo con cadufos sería muy sencilla, pues si hay cadufos en la zona vedada se sabe que están incumpliendo. Para la pesca de arrastre también sería fácil de controlar con VMS. Sin embargo, las zonas cerradas para la pesca de arrastre pueden ser beneficiosas para muchas especies incluyendo predadores de pulpo, por lo que pueden no ser efectivas para cefalópodos (Pipitone *et al.*, 2000).

El objetivo principal de los horarios de pesca es facilitar el control de la actividad, ya que, en el caso de los cadufos, no limita el tiempo efectivo de pesca ni disminuye el esfuerzo ya que, aunque el barco esté en puerto, los cadufos siguen pescando. Si se quisiera

establecer un horario de pesca que limitara la mortalidad por pesca sería necesario regular el tiempo que los cadufos están calados, obligando a que se llevaran a puerto cada día o cada semana lo que obligaría a un mayor esfuerzo a los pescadores. Por tanto, esta medida, tal y como está establecida en la actualidad, no está suficientemente justificada. En su lugar, la incorporación de AIS (Automatic Identification System) permitiría controlar dónde y cuándo faenan los pescadores, con la posibilidad de disponer de horarios flexibles y mejorar los datos de la pesquería para investigación y control.

La limitación en el número máximo de cadufos, tiene como objetivo limitar el poder de pesca. Esta medida es de difícil control porque requiere inspecciones en el mar y, además, la distribución de los cadufos en varias líneas dificulta saber el número total de cadufos calados por embarcación. La dificultad de control hace que, frecuentemente, esta medida sea ignorada ya que muchos pescadores admiten que usan muchos más cadufos que los permitidos, lo que es fuente de conflictos en el sector. Además, existe una falta de proporcionalidad en la asignación del límite de cadufos en función de los tripulantes, que promueve el calado de más botes de los permitidos y/o la pérdida de empleo.

La limitación en la longitud total de las líneas está relacionada con la anterior, pues si los cadufos se disponen demasiado juntos pescarán menos que si se ponen a una distancia razonable. Por tanto, si la longitud máxima permitida está bien ajustada al número de botes permitidos, se trataría de una medida más fácil de controlar que el número de cadufos. Y sería más fácil aún con la incorporación del AIS, pues permitiría controlar la longitud de las líneas con el seguimiento de las maniobras registradas por el sistema. Durante los muestreos a bordo se ha comprobado que aproximadamente hay 10 metros entre un cadufo y otro.

Los límites de capturas se pueden establecer anualmente o por día o semana. En el caso de los totales anuales de captura se busca limitar la mortalidad por pesca para que no se superen límites de referencia establecidos. A diferencia de otras pesquerías mediterráneas en las que el límite de capturas no se considera adecuado por la elevada diversidad de las capturas, en el caso de la pesca artesanal con cadufos sería posible establecer un límite anual y que la pesquería se cierre cuando este límite se supere. Sin embargo, los conocimientos actuales de la población y las fluctuaciones que sufre no son los suficientemente buenos para establecer puntos de referencia y límites de captura. Además, un límite anual puede dar lugar a límites demasiado altos con riesgo de

sobreexplotación o demasiado bajos y sin beneficio económico para los pescadores (Pierce y Guerra, 1994). Las medidas que se basan en capturas máximas diarias o semanales también disminuyen el esfuerzo pesquero pues, si se superan, se deben liberar algunos individuos y son más fáciles de controlar que capturas mensuales o anuales. Sin embargo, su principal justificación es la regulación del mercado al evitar que picos de capturas puedan provocar una caída de los precios e ingresos. En el caso de la pesca de pulpo se ha visto una gran variabilidad estacional en las capturas que, en principio, no parece afectar a los precios de venta en la actualidad, por lo que los límites diarios o semanales no son bien aceptados por los pescadores y han optado por proponer un límite anual lo suficientemente elevado para que sea difícil de alcanzar.

El establecimiento de un tamaño o peso mínimo de desembarque ha sido reconocido por algunos autores (King, 2013; Jouffre y Caverivière, 2005) como la más antigua de todas las regulaciones aplicadas a la pesca, donde la implementación de un límite de tamaño (L50) impide la comercialización de peces pequeños, permitiendo a la especie desovar al menos una vez antes de ser capturado (King, 2013). En el caso de *O. vulgaris* el concepto en sí mismo es algo inadecuado debido a la estrategia de cría semélpara pues, aunque haya una limitación de peso mínimo, cualquier individuo capturado no habrá logrado reproducirse, y los individuos no capturados morirán después de la reproducción (Emery *et al.*, 2016). Sin embargo un peso mínimo mejora el rendimiento de la pesca, pues gracias a las altas tasas de crecimiento de la especie, que en la fase bentónica supone un aumento del 13 % de su peso corporal cada día (Vaz-Pires *et al.*, 2004), pudiendo alcanzar tallas comerciales de 2.5-3 kg en 3 ó 4 meses (siempre y cuando dispongan de alimento suficiente), partiendo de ejemplares de 750 g de peso inicial (Iglesias, 2000). Esto es gracias a la eficiencia alimentaria de la especie, la cual se encuentra entre 30-60 g de peso corporal por cada 100 g de alimento (García y Valverde, 2006). Además de este elevado factor de conversión hay que considerar que los individuos más grandes alcanzan precios promedio más altos. Por otra parte, se trata de una especie con una elevada tasa de supervivencia tanto para la pesca artesanal como para el arrastre, por lo que una aplicación estricta de las tallas/pesos mínimos es una manera muy efectiva de mejorar los rendimientos de la pesquería.

En la pesca artesanal se alternan los métodos de pesca en función de la época del año, dependiendo, generalmente, de la presencia de las especies objetivo de interés comercial

lo que permite reducir la mortalidad sobre unas especies en unas épocas en que la flota se dirige a otras y adaptarse a las fluctuaciones de abundancia de las diferentes especies. El resto de modalidades de pesca artesanal, tales como redes de enmalle, trasmallo o palangrillo tienen reguladas las características técnicas que deben tener los artes, teniendo en cuenta que pueden alternarlos (Orden AAA/2794/2012, de 21 de diciembre, por la que se regula la pesca con artes fijos y artes menores en las aguas exteriores del Mediterráneo). La pesca de pulpo con cadufos comenzó siendo un complemento de la pesca artesanal. Con la simultaneidad en la pesca de pulpo con cadufos los pescadores dispondrían de las mismas características técnicas en los otros artes (mismos metros de red), más los cadufos, lo que daría lugar a un aumento del esfuerzo de pesca y un complemento de los ingresos. Por este motivo, la mayoría de los pescadores de la Comunidad Valenciana son partidarios de la alternancia de la pesca de cadufos con otros artes de pesca, excepto en los momentos en los que la pesca de pulpo es mucho más rentable que el resto de modalidades y optan por esta modalidad de pesca en exclusiva. Sin embargo, como los precios han ido aumentando a lo largo de los años, lo que antes era una modalidad complementaria, en algunos casos se ha convertido en la principal fuente de ingresos para la pesca artesanal, como ha ocurrido con una parte de la flota de Castellón. Por tanto, en caso de permitirse la alternancia, se debería reducir el esfuerzo de la pesca de pulpo con cadufos frente a los que se dedican a esta pesca en exclusividad y debería estudiarse también la posibilidad de reducción de esfuerzo máximo que se puede ejercer con las distintas modalidades con las que se alterna.

Tradicionalmente la regulación de la pesca de arrastre ha establecido una profundidad mínima de 50 m en el estado español si bien el reglamento europeo permite faenar a partir de los 50 m de profundidad o 3 millas náuticas desde la costa lo que ha permitido que en la provincia de Castellón esté autorizado el arrastre en la actualidad a menos de 20 metros de profundidad en algunas zonas. Sin embargo, no existe ninguna normativa europea o nacional que prohíba faenar a la pesca artesanal a más de 50 m o 3 millas de la costa aunque, en estas zonas no tienen preferencia sobre el arrastre. Esto ha generado una manera de pescar en Castellón en la que los cadufos se calaban y se retiraban todos los días mientras los arrastreros están en puerto. Desde el punto de vista del esfuerzo de pesca esto supone menos horas de pesca y, probablemente, un menor número de cadufos por embarcación ya que se tienen que poderlos subir cada día a la misma. La actual regulación de la pesca con cadufos en la Comunidad Valenciana entra en conflicto con esta

modalidad de pesca ya que obliga a no calar en fondos autorizados para la pesca de arrastre en Castellón (salvo acuerdo específico para ello) e indirectamente por los horarios de trabajo. Al mismo tiempo ha generado la reivindicación por parte de la flota de la provincia de Alicante para poder calar en zonas en las que el arrastre no está autorizado a más de 50 metros de profundidad. En Calpe la flota arrastrera faena a 1.5 millas de la costa porque los 50 m de profundidad se alcanzan a 0.7 millas. Por tanto, queda una zona libre del arrastre donde los pescadores de pulpo con cadufos podrían faenar. Hay que tener en cuenta que existen otras modalidades de pesca artesanal como la pesca de quisquilla con nasas, la pesca con merluceras o el palangre de fondo que se pueden calar sin límite de profundidad por lo que si los pescadores de pulpo con cadufos deciden calar en fondos donde está autorizada la pesca de arrastre y arriesgarse, deberían poder hacerlo. En cualquier caso, regular la profundidad a la que se calan los cadufos no afecta a la mortalidad por pesca, sino a los conflictos entre flotas, por lo que esta normativa también podría eliminarse. Por otra parte, en Castellón, donde el conflicto es mayor, sería recomendable aumentar la profundidad mínima de los arrastreros por su propio interés y porque se reducirían los conflictos con la flota artesanal.

Las nasas son usadas para la pesca artesanal del pulpo en otras provincias de España. El calado de otros artes específicos diferentes al alcatruz o cadufo destinados a la pesca artesanal del pulpo, no es recomendable en la Comunidad Valenciana, principalmente porque no se ha tenido tradición en esta zona. Además, en el caso de las nasas, se generan problemas debidos a su menor selectividad, que provoca capturas accidentales de especies no objetivo y la pesca fantasma cuando se produce su pérdida.

La normativa actual propone sustituir los cadufos de plástico por cadufos de cerámica a partir del año 2020. Se ha comprobado que el material del que están hechos no afecta a las capturas, aunque sí afecta la forma (Borges et al., 2015). Sin embargo, los cadufos de cerámica aumentarían la función de costes, puesto que son más caros y se rompen con facilidad lo que hace que se tengan que sustituir más frecuentemente.

Un aspecto de la normativa actual es que permite la adopción de planes de gestión de escala provincial o local para adaptar la normativa a las particularidades de cada zona. Esto es particularmente relevante en el caso de Castellón donde se han acumulado evidencias en este trabajo que indican que es posible que se trate de un stock separado del

centro y sur de la comunidad, pero también permitiría adaptar la gestión a las propuestas del sector y a las características de los diferentes caladeros de la Comunidad Valenciana.

4.3. Recomendaciones de cara a la gestión

Existen medidas en la legislación actual que no reducen el esfuerzo de pesca y pueden dar lugar a conflictos con los pescadores, tales como los horarios, el material del que están hechos los cadufos, la profundidad máxima de calado y el límite anual de capturas. Se debería revisar la conveniencia de mantener dichas medidas ya que, de acuerdo con los resultados de este estudio, no están lo suficientemente justificadas.

Según Bender *et al.*, (2014) involucrar a los pescadores en el proceso de toma de decisiones puede contribuir al desarrollo de medidas de gestión más fiables y al aumento de su cumplimiento. Por tanto, si existen propuestas de los pescadores para reducir la mortalidad por pesca con las épocas de veda (Jávea concentrar pesca en pocos meses de máximas capturas y Santa Pola alargar temporada de pesca sin pescar en meses de máximas capturas) deberían estudiarse e intentar aplicarse ya que ellos están dispuestos a autocontrolarse.

Tanto el número máximo de cadufos como la longitud total de las líneas deben regularse ya que afectan al esfuerzo, y deben ser proporcionales entre sí para facilitar el control. A su vez, ambas medidas deben ser proporcionales al número de tripulantes y considerar si se efectúa esta pesca en exclusiva o se simultanea con otras modalidades.

Se recomienda, además, la incorporación obligatoria del AIS para el control de la longitud de las líneas mediante los tracks. Además de facilitar el control, el uso obligatorio del AIS proporcionaría información de gran valor para el seguimiento científico de la pesquería.

El peso mínimo del pulpo establecido en España es de 1 kg. Sin embargo, los resultados del análisis del peso de primera madurez en hembras de este estudio sugieren que el peso mínimo debe aumentar hasta 1.5 kg en ambas flotas.

En Castellón son partidarios, mayoritariamente, de no simultanear, mientras que en Alicante y Valencia prefieren alternar con otras modalidades. Ambas opciones son razonables siempre y cuando al permitir la alternancia se reduzca el esfuerzo tanto de la pesca de pulpo con cadufos como de las otras modalidades de pesca con las que se van a simultanear.

La mejor solución para gestionar esta pesquería adecuadamente recae en realizar planes de gestión o grupos de co-gestión en diferentes zonas de la Comunidad Valenciana, involucrando a pescadores de ambas flotas, científicos y gestores de la administración, con el fin de que los propios pescadores consigan autorregular su esfuerzo de pesca sin conflictos. La combinación de datos científicos sólidos y el conocimiento ecológico local aportado por los pescadores proporciona evaluaciones más sólidas y fiables. (Jentoft y Chuenpagdee, 2015; Neis *et al.*, 1999).

Además, sería necesario profundizar en los estudios biológicos de *O. vulgaris* en las distintas provincias durante el menos un año y medio ininterrumpidamente (pues según Domain *et al.*, (2000) la vida del pulpo parece variar entre los 12 y 18 meses) y para ambas flotas para confirmar los resultados preliminares de este trabajo, en particular en lo relativo a la posible separación de unidades de gestión.

5. Conclusiones

El pulpo es una especie importante en la Comunidad Valenciana que se captura con arrastre y cadufos principalmente, con mayores capturas por parte de la flota arrastrera, salvo en la provincia de Valencia.

En las tendencias de las capturas anuales se observa un aumento hasta 2011 y un descenso desde esa fecha para ambas flotas, posiblemente relacionado con la reducción del esfuerzo (tanto en días de pesca como en número de barcos).

La CPUE de cadufos muestra grandes oscilaciones interanuales, mientras que la de arrastre mantiene la tendencia observada en las capturas. El índice de biomasa de la campaña MEDITS sigue la misma tendencia que la CPUE de arrastre.

Se ha detectado que las máximas capturas de cadufos están desfasadas respecto al arrastre. Esto es coherente con la migración reproductiva hacia la costa descrita para la especie. Los máximos de capturas en la provincia de Castellón se producen en noviembre mientras que en Alicante y Valencia se producen en junio-julio. Este diferente comportamiento podría indicar la existencia de dos stocks diferentes en la Comunidad Valenciana

En la provincia de Alicante se ha encontrado una mayor proporción de hembras en mayo y una mayor proporción de machos en enero y febrero. El peso de los individuos muestreados resultó mayor en los machos, en los meses de invierno y en las profundidades más someras.

El número de hembras maduras y en maduración tiene una tendencia ascendente a lo largo de los meses, mientras que las inmaduras tienden a descender a partir de abril. Los machos en maduración tienden a disminuir a lo largo de los meses mientras que los maduros tienden a aumentar. La talla y el peso de primera madurez en hembras fueron 123.1 mm y 1.5 kg respectivamente.

El precio por kg de pulpo sigue una tendencia ascendente, salvo los años 2012 y 2013 que sufre una caída. El precio por kg del pulpo capturado con cadufos es ligeramente mayor que el de los arrastreros.

Las mayores preocupaciones de los pescadores de pulpo con cadufos fueron los horarios, las vedas, el número de cadufos permitidos, la alternancia, la longitud de las relingas y el calamento de los cadufos.

Sería recomendable mejorar la regulación existente, intentando adoptar las medidas propuestas por los pescadores para reducir el esfuerzo de pesca y eliminando las medidas que no lo reducen y pueden dar lugar a conflictos con los pescadores.

6. Bibliografía

- Alonso-Fernández, A., Otero, J., Bañón, R., Campelos, J. M., Santos, J., y Mucientes, G. (2017). Sex ratio variation in an exploited population of common octopus: ontogenic shifts and spatio-temporal dynamics. *Hydrobiologia*, 794(1), 1-16.
- Balguerías, E., Quintero, M. E., y Hernández-González, C. L. (2000). The origin of the Saharan Bank cephalopod fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 57(1), 15-23.
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London Series A* 160, 268–282.
- Bayle-Sempere, J.T. (2014). Aspectos reproductivos del pulpo, *Octopus vulgaris*, en la Bahía de Santa Pola. Informe Técnico. Cofradía de Pescadores de Santa Pola.
- Bayle-Sempere, J.T. (2017). Plan de gestión para la pesca del pulpo común *Octopus vulgaris* Cuvier 1797, con cadufos en la provincia de Alicante. IMEM “Ramón Margalef”. Universidad de Alicante.
- Belcari, P., y Sartor, P. (1993). Bottom trawling teuthofauna of the northern Tyrrhenian Sea. *Scientia Marina*, 57(2-3), 145-152.
- Belcari, P., Cuccu, D., González, M., Srairi, A. L. I., y Vidoris, P. (2002). Distribution and abundance of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopoda) in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 66(S2), 157-166.
- Bender, M. G., Machado, G. R., de Azevedo Silva, P. J., Floeter, S. R., Monteiro-Netto, C., Luiz, O. J., y Ferreira, C. E. (2014). Local ecological knowledge and scientific data reveal overexploitation by multigear artisanal fisheries in the Southwestern Atlantic. *PLoS One*, 9(10), e110332.
- Borges, T. C., Calixto, P., y Sendão, J. (2015). The common octopus fishery in South Portugal: a new shelter-pot.
- Boyle, P. R., y Boletzky, S. V. (1996). Cephalopod populations: definition and dynamics. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 351(1343), 985-1002.
- Boyle, P. y Rodhouse, P. (2005). *Cephalopods: Ecology and Fisheries*. Blackwell Publishing, Oxford, 452 pp.
- Bravo de Laguna, J. (1989). Managing an international multispecies fishery: the Saharan trawl fishery for cephalopods. *Maine Invertebrate Fisheries: Their Assessment and Management*.
- Caddy, J. F. (1993). Some future perspectives for assessment and management of Mediterranean fisheries. *Scientia Marina (España)*.
- Carvalho, J. M. N., y Reis, C. S. (2003). Contributions to knowledge on the maturation and fertility of the common octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 on the Portuguese coast. *BOLETIN-INSTITUTO ESPANOL DE OCEANOGRAFIA*, 19(1/4), 473.
- Cochrane, K.L. (Ed.). (2005). *Guía del administrador pesquero: Medidas de ordenación y su aplicación* (Vol. 424). Food & Agriculture Org.. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y3427s/y3427s04.htm>
- Domain, F., Jouffre, D., y Caverivière, A. (2000). Growth of *Octopus vulgaris* from tagging in Senegalese waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80(4), 699-705.
- Emery, T. J., Hartmann, K., y Gardner, C. (2016). Management issues and options for small scale holobenthic octopus fisheries. *Ocean y coastal management*, 120, 180-188.
- Estrada, M. (1996). Primary production in the Northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 60 (Suppl. 2): 55-64.
- Fernández, Á. M., y Esteban, A. (2003). La pesquería artesanal de Santa Pola (sureste de la península Ibérica): Descripción y actividad en el periodo 1992-2000. *Informes técnicos (Instituto Español de Oceanografía)*, (181), 3-49.
- Fernández-Núñez, M. M., Hernández-González, C. L., Raya, C. P., y Balguerías, E. (1996). Reproductive biology of octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 from North West African coast (21° N-26° N). *ICES Shellfish Committee Doc. CM/K*, 15.
- Fontán, G. (1967). Las pesquerías canarias desde hace 40 años. *Ind. Pesq.* 959/960. pp. 173-176.
- García, B. G., y Valverde, J. C. (2006). Optimal proportions of crabs and fish in diet for common octopus (*Octopus vulgaris*) on-growing. *Aquaculture*, 253(1-4), 502-511.

- González, A. F., Otero, J., Guerra, A., Prego, R., Rocha, F. J., and Dale, A. W. (2005). Distribution of common octopus and common squid paralarvae in a wind-driven upwellin area (Ria of Vigo, northwestern Spain). *Journal of Plankton Research*, 27(3), 271-277.
- González, M., Barcala, E., Pérez-Gil, J. L., Carrasco, M. N., y García-Martínez, M. D. C. (2011). Fisheries and reproductive biology of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) in the Gulf of Alicante (Northwestern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, 12(2), 369-389.
- Guard, M., y Mgaya, Y. D. (2002). The artisanal fishery for *Octopus cyanea* Gray in Tanzania. *Ambio*, 528-536.
- Guerra, A. (1975). Determinación de las diferentes fases del desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* Lamarck, mediante un índice de madurez. *Investigación Pesquera*, 39(2), 397-416.
- Guerra Sierra, Á., y Sánchez Lizaso, J. L. (1998). *Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos*.
- Hanlon, R. y J. B. Messenger. (1996). *Cephalopod behaviour*. Cambridge University Press. United Kingdom, pp. 232.
- Heino, M., Dieckmann, U., y Godo, O. R. (2002). Measuring probabilistic reaction norms for age and size at maturation. *Evolution*, 56(4), 669-678.
- Hernández López, J. L. (2000). *Biología, ecología y pesca del pulpo común Octopus vulgaris, Cuvier 1797 en aguas de Gran Canaria*.
- Hopkins, T. S. (1989). La física del mar. En *El Mediterráneo occidental*. (R. Margalef, ed.). Ediciones Omega, Barcelona: 102-127.
- Iglesias, J., Sánchez, F. J., Otero, J. J., y Moxica, C. (2000). Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): present knowledge, problems and perspectives. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 47, 313-321.
- Jentoft, S., y Chuenpagdee, R. (2015). Interactive governance for small-scale fisheries. *Global Reflections*. Dordrecht, MA: Springer.
- Jouffre, D., y Caverivière, A. (2005). Combining fishing closure with minimum size of capture to improve octopus production in senegalese waters: an evaluation using analytical modelling. *Cent. Res. Bull*, 66.
- Kallianotis, A., Vidoris, P., y Kokkinakis, A. (2001). Common octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) coastal fishery, during the peak of species reproduction. *Rapports de la Commission Internationale de la Mer Méditerranée*, 36, 279.
- King, M. (2013). Fisheries management. *Fisheries Biology, Assessment and Management, Second Edition*, 273-315.
- Mangold-Wirz, K. (1963). Biologie des céphalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane. *Vie Milieu (Suppl.)*, 13, 1-285.
- Mangold, K. (1983). *Octopus vulgaris*. p. 335-364. In: P.R. BOYLE (Ed), *Cephalopods Life Cycles. Species Account, Vol. 1*. Academic Press, London.
- Mangold, K. (1987). Reproduction. *Cephalopod Life Cycles, vol. 2. Comparative Reviews* (ed. P.R. Boyle), pp. 157-200. Academic Press, London.
- Mangold, K., y Von Boletzky, S. (1973). New data on reproductive biology and growth of *Octopus vulgaris*. *Marine Biology*, 19(1), 7-12.
- Neis, B., Schneider, D. C., Felt, L., Haedrich, R. L., Fischer, J., y Hutchings, J. A. (1999). Fisheries assessment: what can be learned from interviewing resource users?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(10), 1949-1963.
- Nelder, J. A. y Wedderburn, R. W. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 135(3), 370-384.
- Otero, J., González, Á. F., Sieiro, M. P., y Guerra, A. (2007). Reproductive cycle and energy allocation of *Octopus vulgaris* in Galician waters, NE Atlantic. *Fisheries Research*, 85(1-2), 122-129.
- Pascual, M., Rives, B., Schunter, C., y Macpherson, E. (2017). Impact of life history traits on gene flow: A multispecies systematic review across oceanographic barriers in the Mediterranean Sea. *PLoS one*, 12(5), e0176419.
- Perry, R. I., Walters, C. J., y Boutillier, J. A. (1999). A framework for providing scientific advice for the management of new and developing invertebrate fisheries. *Reviews in fish biology and fisheries*, 9(2), 125-150.
- Pierce, G. J., y Guerra, A. (1994). Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. *Fisheries Research*, 21(1-2), 255-285.

- Pierce, G. J., Allcock, L., Bruno, I., Bustamante, P., Gonzalez, A., Guerra, A., Jereb, P., *et al.* (2010). Cephalopod biology and fisheries in Europe. ICES Cooperative Research Report No. 303.175 pp.
- Pilar-Fonseca, T., Campos, A., Pereira, J., Moreno, A., Lourenço, S., y Afonso-Dias, M. (2014). Integration of fishery-dependent data sources in support of octopus spatial management. *Marine Policy*, 45, 69-75.
- Pinot, J. M., López-Jurado, J. L., y Riera, M. (2002). The CANALES experiment (1996-1998). Interannual, seasonal, and mesoscale variability of the circulation in the Balearic Channels. *Progress in Oceanography*, 55(3-4), 335-370.
- Pipitone, C., Badalamenti, F., D'Anna, G., y Patti, B. (2000). Fish biomass increase after a four-year trawl ban in the Gulf of Castellammare (NW Sicily, Mediterranean Sea). *Fisheries Research*, 48(1), 23-30.
- Pita, C., Pereira, J., Lourenço, S., Sonderblohm, C., y Pierce, G. J. (2015). The traditional small-scale octopus fishery in Portugal: framing its governability. In *Interactive Governance for Small-Scale Fisheries* (pp. 117-132). Springer, Cham.
- Quetglas, A., Alemany, F., Carbonell, A., Merella, P., y Sánchez, P. (1998). Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). *Fisheries Research*, 36(2-3), 237-249.
- Rocha, F., Guerra, Á., y González, Á. F. (2001). A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biological Reviews*, 76(3), 291-304.
- Rodríguez-Rúa, A., Pozuelo, I., Prado, M. A., Gómez, M. J., y Bruzón, M. A. (2005). The gametogenic cycle of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) as observed on the Atlantic coast of Andalusia (south of Spain). *Marine Biology*, 147(4), 927-933.
- Roper, C.F., Sweeney, M. J., & Nauen, C. E. (1984). FAO species catalogue, vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries, Rome.
- Sánchez, P., y Obarti, R. (1993). The biology and fishery of *Octopus vulgaris* caught with clay pots on the Spanish Mediterranean coast. *Recent Advances in Fisheries Biology*. Tokai University Press, Tokyo, 477-487.
- Semmens, J. M., Pecl, G. T., Villanueva, R., Jouffre, D., Sobrino, I., Wood, J. B., y Rigby, P. R. (2004). Understanding octopus growth: patterns, variability and physiology. *Marine and Freshwater Research*, 55(4), 367-377.
- Silva, L., Sobrino, I., y Ramos, F. (2002). Reproductive biology of the common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cádiz (SW Spain). *Bulletin of Marine Science*, 71(2), 837-850.
- Sobrino, I., Silva, L., Bellido, J. M., y Ramos, F. (2002). Rainfall, river discharges and sea temperature as factors affecting abundance of two coastal benthic cephalopod species in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Bulletin of Marine Science*, 71(2), 851-865.
- Sobrino, I., Juarez, A., Rey, J., Romero, Z., y Baro, J. (2011). Description of the clay pot fishery in the Gulf of Cadiz (SW Spain) for *Octopus vulgaris*: Selectivity and exploitation pattern. *Fisheries Research*, 108(2-3), 283-290.
- Tsangridis, A., Sánchez, P., y Ioannidou, D. (2002). Exploitation patterns of *Octopus vulgaris* in two Mediterranean areas. *Scientia Marina*, 66(1), 59-68.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114.
- Underwood, A. J. (1981). Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Annual Reviews of Oceanography and Marine Biology*, 19, 513-605.
- Underwood, A. J. (1997). *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press.
- Vaz-Pires, P., Seixas, P., y Barbosa, A. (2004). Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. *Aquaculture*, 238(1-4), 221-238.
- Zar, J. H. (1984). *Biostatistical Analysis* 2nd edn Prentice-Hall: Englewood Cliffs. NJ, USA.



El Máster Internacional en GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE está organizado conjuntamente por la Universidad de Alicante (UA), el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) a través de la Secretaría General de Pesca (SGP).

El Máster se desarrolla a tiempo completo en dos años académicos. Tras completar el primer año (programa basado en clases lectivas, prácticas, trabajos tutorados, seminarios abiertos y visitas técnicas), durante la segunda parte los participantes dedican 10 meses a la iniciación a la investigación o a la actividad profesional realizando un trabajo de investigación original a través de la elaboración de la Tesis Master of Science. El presente manuscrito es el resultado de uno de estos trabajos y ha sido aprobado en lectura pública ante un jurado de calificación.

The International Master in SUSTAINABLE FISHERIES MANAGEMENT is jointly organized by the University of Alicante (UA), the International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM) through the Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza (IAMZ), and by the Spanish Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAPA) through the General Secretariat of Fisheries (SGP).

The Master is developed over two academic years. Upon completion of the first year (a programme based on lectures, practicals, supervised work, seminars and technical visits), during the second part the participants devote a period of 10 months to initiation to research or to professional activities conducting an original research work through the elaboration of the Master Thesis. The present manuscript is the result of one of these works and has been defended before an examination board.